



TUGAS AKHIR - RG 091536

# **STUDI PERSEBARAN KLOOROFIL-A MENGUNAKAN AQUA MODIS DAN LANDSAT 8 DI PANTAI SURABAYA - SIDOARJO DAMPAK LUMPUR LAPINDO**

DEBBIE MARZELLA BUDIYANTO  
NRP 3510 100 053

Dosen Pembimbing  
Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA, DESS

JURUSAN TEKNIK GEOMATIKA  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2014

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



FINAL PROJECT - RG 091536

# **STUDY OF CHLOROPHYLL-A DISTRIBUTION USING AQUA MODIS AND LANDSAT 8 IMAGE IN SURABAYA - SIDOARJO COAST THAT BE EFFECTED BY LAPINDO MUD**

DEBBIE MARZELLA BUDIYANTO  
NRP 3510 100 053

Supervisor  
Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA, DESS

GEOMATICS ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2014

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

**STUDI PERSEBARAN KLOROFIL-A  
MENGUNAKAN AQUA MODIS DAN LANDSAT 8  
DI PANTAI SURABAYA – SIDOARJO DAMPAK  
LUMPUR LAPINDO**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Geomatika  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**DEBBIE MARZELLA BUDIYANTO**

NRP. 3510 100 053

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA, DESS  
NIP 1953 0527 1983 03 1001



SURABAYA, JULI 2014

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

# **STUDI PERSEBARAN KLOORFIL-A MENGGUNAKAN CITRA AQUA MODIS DAN LANDSAT 8 DI PANTAI SURABAYA – SIDOARJO DAMPAK LUMPUR LAPINDO**

**Nama : Debbie Marzella Budiyanto**  
**NRP : 3510100053**  
**Jurusan : Teknik Geomatika FTSP ITS**  
**Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Bangun M. S., DEA, DESS**

## **Abstrak**

*Negara kepulauan merupakan negara yang seluruhnya terdiri dari satu atau lebih kepulauan dan dapat mencakup pulau-pulau lain. Seperti halnya Negara Indonesia dimana dua per tiga luas Indonesia didominasi oleh lautan atau perairan. Lautan menjadi salah satu sumber kehidupan bagi masyarakat Indonesia, termasuk bagi para nelayan. Nelayan mencari rezeki dan peruntungan melalui hasil tangkapan ikan yang didapatkan setiap harinya. Ekosistem ikan tidak terlepas dari produsen makanan yang terdapat di laut, yakni klorofil-a pada fitoplankton.*

*Data yang digunakan untuk mendapatkan persebaran klorofil-a adalah data ground truth, hasil pengolahan citra Aqua MODIS, dan Landsat 8. Data ground truth merupakan hasil pengambilan sampel berupa air laut yang selanjutnya dilakukan uji laboratorium. Proses pengolahan citra satelit menggunakan prinsip remote sensing, dimana masing-masing citra menggunakan algoritma yang berbeda, yaitu ATBD 19 dan algoritma klorofil-a pada Landsat 8.*

*Hasil dalam penelitian ini adalah peta persebaran klorofil-a di Pantai Surabaya-Sidoarjo dan analisa beberapa data diantaranya data citra terhadap ground truth, analisa antar citra, dan analisa konsentrasi klorofil-a secara temporal. Berdasarkan pada proses analisa dapat disimpulkan bahwa Aqua MODIS memiliki korelasi yang kuat terhadap data ground truth*

*dengan nilai koefisien korelasi sebesar 78,88%. Sedangkan hasil pengolahan citra Landsat 8 mempunyai korelasi yang sangat lemah sebesar 16,24%. Secara temporal, konsentrasi klorofil-a di daerah Pantai Surabaya – Sidoarjo berada pada rentang konsentrasi sedang yaitu sekitar 1,001 – 2 mg/m<sup>3</sup>. Hal ini dikarenakan beberapa faktor seperti kondisi fisik perairan, musim, dan arus perairan.*

***Kata kunci : Klorofil-a, Aqua MODIS, Landsat 8***



# **STUDY ON THE DISTRIBUTION OF CHLOROPHYLL-A USING AQUA MODIS AND LANDSAT 8 IMAGERY IN SURABAYA – SIDOARJO COAST AFFECTED BY LAPINDO MUD**

**Name** : Debbie Marzella Budiyanto  
**NRP** : 3510100053  
**Department** : Geomatics Engineering FTSP ITS  
**Supervisor** : Prof. Dr. Ir. Bangun M. S., DEA, DESS

## **Abstract**

*Archipelago country is the country that all of its region contains one or more islands and can cover another islands. As Indonesia that two third of its wide is domineered by sea or water. Sea is becoming one of living source to Indonesian, especially for fishermen. Fishermen search their livelihood from totally fish caught every day. Ecosystem of fish is coming from food producer in the sea, that is chlorophyll-a in phytoplankton.*

*Data that is used to know the chlorophyll-a distribution is ground truth data, results of Aqua MODIS processing and Landsat 8. Ground truth data is the result of sea water sample which are tested in laboratory. Satellite image processing uses remote sensing principle where each satellite use different algorithm, such as ATBD 19 and chlorophyll-a algorithm in Landsat 8.*

*Result in this research is chlorophyll-a distribution map in Surabaya – Sidoarjo coast and analysis some data that is between image and ground truth, inter image analysis, and temporal analysis of chlorophyll-a distribution. Based on analysis processing can be concluded that Aqua MODIS has a high correlation with ground truth data in 78,88% coefficient correlation. Whereas Landsat 8 processing result has a weak correlation about 16,24%. Temporarily, chlorophyll-a concentration of Surabaya – Sidoarjo Coast is in medium*

*concentration about 1,001 – 2 mg/m<sup>3</sup>. It is caused by some factor such as physical condition of water, season, and currents.*

***Keywords : Chlorophyll-a, Aqua MODIS, Landsat 8***

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan melalui berbagai proses pembelajaran dan diberikan kelancaran. Sholawat dan salam senantiasa penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Dalam melakukan penelitian untuk Tugas Akhirnya, penulis mengangkat tema Geospasial yang berbasis pada bidang spasial, lingkungan, dan pemanfaatan teknologi. Dalam laporan ini memberikan salah satu pemanfaatan teknologi yaitu citra satelit untuk mengetahui kondisi perairan pada daerah penelitian menggunakan metode penginderaan jauh dan didukung oleh data *ground truth*. Selain digunakan sebagai salah satu prasyarat kelulusan strata 1 Jurusan Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, laporan Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat terlebih digunakan sebagai acuan dan evaluasi dalam penelitian selanjutnya.

Menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan berbagai pihak, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Orang tua penulis, bapak Pipit Budiyanto dan Ibu Bunahwati atas doa dan dukungan yang tidak pernah putus baik secara moril maupun materiil kepada penulis.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA, DESS selaku dosen pembimbing yang senantiasa membimbing dan mengarahkan penulis selama masa penelitian.
3. Bapak Dr. Ir. Muhammad Taufik selaku Ketua Jurusan Teknik Geomatika ITS.
4. Ibu Hepi Hapsari H., ST, M.Sc atas perhatian, motivasi, dan nasehat selama menjadi dosen wali penulis.

5. Seluruh staf pengajar yang telah memberikan ilmu sejak awal perkuliahan hingga penulis menyelesaikan strata 1 di jurusan Teknik Geomatika ITS.
6. Seluruh karyawan dan tata usaha yang membantu dalam bidang administrasi selama perkuliahan.
7. Staf Laboratorium Teknik Lingkungan ITS atas bantuannya dalam meneliti hasil sampel lapangan.
8. Mbak Risdina, ST dan Mas Radik, ST yang tidak pernah bosan memberikan masukan dan bantuannya.
9. Seluruh kerabat, teman-teman G12, dan pihak yang membantu dan tidak bisa disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan dan banyak terdapat kekurangan. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari berbagai pihak untuk perbaikan Tugas Akhir di kemudian hari. Akhirnya, semoga Tugas Akhir yang telah disusun oleh penulis ini dapat memberikan kebermanfaatan bagi semua pihak.

Surabaya, Juni 2014

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
ABSTRAK .....	v
LEMBAR PENGESAHAN.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI .....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL .....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1    Latar Belakang.....	1
1.2    Perumusan Masalah.....	3
1.3    Batasan Masalah.....	3
1.4    Tujuan Penelitian.....	4
1.5    Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1    Klorofil-a .....	5
2.2    Lumpur Lapindo.....	7
2.3    Penginderaan Jauh .....	9
2.4    Pengolahan Citra Digital .....	10
2.5    Citra Satelit Aqua MODIS .....	13
2.6    Citra Satelit Landsat 8 .....	16
2.7    Algoritma Klorofil-a.....	19
2.8    Uji Validasi.....	19
2.9    Penelitian Terdahulu.....	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1    Lokasi Penelitian .....	23
3.2    Data dan Peralatan .....	23
3.2.1    Data .....	23
3.2.2    Peralatan.....	24
3.3    Metodologi Penelitian .....	25

3.3.1	Tahap Persiapan .....	26
3.3.2	Tahap Pengolahan Data.....	26
3.3.3	Tahap Analisa Data .....	33
3.3.4	Tahap Akhir .....	33

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Hasil.....	35
4.1.1	Data Citra yang Digunakan dalam Penelitian .....	35
4.1.2	Kekuatan Jaring ( <i>Strength of Figure</i> ).....	38
4.1.3	Klorofil-a Berdasarkan Data <i>Ground Truth</i> .....	40
4.1.4	Klorofil-a Berdasarkan Data Citra .....	42
4.2	Pembahasan .....	45
4.2.1	Analisa Klorofil-a Berdasarkan Hasil <i>Ground Truth</i> dan Citra Aqua MODIS.....	45
4.2.2	Analisa Klorofil-a Berdasarkan Hasil <i>Ground Truth</i> dan Citra Landsat 8.....	47
4.2.3	Analisa Citra Aqua MODIS dan Landsat 8.....	49
4.2.4	Uji Regresi Linear Parameter .....	52
4.2.5	Analisa Persebaran Klorofil-a secara Temporal.....	56

## BAB V PENUTUP

5.1	Kesimpulan .....	63
5.2	Saran .....	64

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN

## BIODATA PENULIS

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Rincian Saluran Spektral pada Sensor MODIS ...	13
Tabel 2.2	Spesifikasi Teknis Satelit Aqua MODIS .....	16
Tabel 2.3	Parameter-parameter Orbit Satelit <i>LDCM</i> (Landsat 8) .....	17
Tabel 2.4	Spesifikas Saluran Spektral Sensor Pencitra <i>LDCM</i> (Landsat 8) .....	18
Tabel 4.1	Data yang Digunakan dan <i>RMSE</i> Citra Aqua MODIS.....	35
Tabel 4.2	Data yang Digunakan dan <i>RMSE</i> Citra Landsat 8	36
Tabel 4.3	Perhitungan <i>RMS Error</i> Citra Aqua MODIS pada Bulan Maret 2014.....	36
Tabel 4.4	<i>RMSE</i> pada Pengolahan Citra Landsat 8 .....	38
Tabel 4.5	Data <i>Ground Truth</i> Hasil Uji Laboratorium .....	41
Tabel 4.6	Konsentrasi Klorofil-a Berdasarkan Citra Aqua MODIS Tahun 2008 – 2014 .....	44
Tabel 4.7	Konsentrasi Klorofil-a Berdasarkan Citra Landsat 8 Tahun 2014.....	45
Tabel 4.8	Konsentrasi Klorofil-a <i>Ground Truth</i> dan Aqua MODIS.....	46
Tabel 4.9	Korelasi Linear Aqua MODIS dan <i>Ground Truth</i>	46
Tabel 4.10	Konsentrasi Klorofil-a <i>Ground Truth</i> dan Landsat 8.....	48
Tabel 4.11	Korelasi Linear Landsat 8 dan <i>Ground Truth</i> .....	48
Tabel 4.12	Konsentrasi Klorofil-a Aqua MODIS dan Landsat 8 .....	50
Tabel 4.13	Uji Korelasi Citra Aqua MODIS dan Landsat 8..	52
Tabel 4.14	Nilai Regresi pH Terhadap Klorofil-a .....	53
Tabel 4.15	Uji Regresi Salinitas Terhadap Klorofil-a .....	53
Tabel 4.16	Uji Regresi <i>TSS</i> Terhadap Klorofil-a .....	54
Tabel 4.17	Data <i>TSS</i> dan Klorofil-a Hasil Uji Laboratorium.	55

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kondisi Pusat Semburan Lumpur Lapindo.....	8
Gambar 2.2	Satelit Aqua MODIS .....	15
Gambar 3.1	Lokasi Penelitian .....	23
Gambar 3.2	Tahapan Penelitian .....	25
Gambar 3.3	Tahap Pengolahan Data .....	27
Gambar 3.4	Citra Aqua MODIS Maret 2014 Sebelum <i>Georeference</i> .....	29
Gambar 3.5	Citra Aqua MODIS Maret 2014 Sesudah <i>Georeference</i> .....	29
Gambar 3.6	Hasil Pemotongan Citra Aqua MODIS .....	30
Gambar 3.7	Hasil Pemotongan Citra Landsat 8 (a) Sebelum dan (b) Sesudah .....	30
Gambar 3.8	Hasil Koreksi Geometrik Aqua MODIS.....	31
Gambar 3.9	Hasil Koreksi Geometrik Landsat 8 .....	31
Gambar 4.1	Sebaran Titik <i>GCP</i> dan Konfigurasi Jaring pada Citra Aqua MODIS .....	39
Gambar 4.2	Sebaran Titik <i>GCP</i> dan Konfigurasi Jaring pada Citra Landsat 8.....	40
Gambar 4.3	Grafik Perbedaan Konsentrasi Klorofil-a di Lapangan .....	42
Gambar 4.4	Posisi <i>GCP</i> pada Citra Aqua MODIS.....	43
Gambar 4.5	Grafik Validasi Aqua MODIS dan <i>Ground Truth</i> .....	47
Gambar 4.6	Grafik Validasi Landsat 8 dan <i>Ground Truth</i> ...	49
Gambar 4.7	Grafik Perbandingan Konsentrasi Klorofil-a....	51
Gambar 4.8	Persebaran Klorofil-a Tahun 2008.....	56
Gambar 4.9	Persebaran Klorofil-a Tahun 2009.....	57
Gambar 4.10	Persebaran Klorofil-a Tahun 2010.....	58
Gambar 4.11	Persebaran Klorofil-a Tahun 2011.....	59
Gambar 4.12	Persebaran Klorofil-a Tahun 2012.....	59
Gambar 4.13	Persebaran Klorofil-a Tahun 2013.....	60
Gambar 4.14	Persebaran Klorofil-a Tahun 2014.....	61

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	Hasil Uji Laboratorium
Lampiran B	Perhitungan <i>Strength of Figure (SoF)</i> Citra Aqua MODIS
Lampiran C	Perhitungan <i>Strength of Figure (SoF)</i> Citra Landsat 8
Lampiran D	Peta Persebaran Klorofil-a di Pantai Surabaya - Sidoarjo

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Negara kepulauan adalah negara yang seluruhnya terdiri dari satu atau lebih kepulauan dan dapat mencakup pulau-pulau lain (UNCLOS, 1982). Seperti halnya Negara Indonesia, dimana dua per tiga luas Indonesia didominasi oleh lautan atau perairan. Lautan menjadi salah satu sumber kehidupan bagi masyarakat Indonesia, termasuk bagi para nelayan untuk mencari rezeki dan peruntungan melalui hasil tangkapan ikan yang didapatkan setiap harinya. Ekosistem ikan tidak terlepas dari produsen makanan yang terdapat di laut, yakni fitoplankton yang mengandung zat klorofil-a.

Klorofil umumnya merupakan suatu zat yang sangat dibutuhkan tumbuhan dalam proses fotosintesis, dimana zat ini terletak di bagian dalam suatu tumbuhan. Pada permukaan laut, fitoplankton membutuhkan klorofil-a untuk bertahan hidup dan berfotosintesis. Fitoplankton berperan sebagai produsen primer dalam ekosistem laut yang berkaitan erat dengan rantai makanan di laut. Sehingga persebaran konsentrasi klorofil-a dapat diketahui dan diukur dengan keberadaan serta kuantitas fitoplankton di suatu perairan. Disamping itu, tumbuhan ini memberikan pengaruh terhadap populasi ikan. Hal inilah yang melatarbelakangi adanya studi persebaran klorofil-a.

Konsentrasi klorofil-a dipengaruhi oleh beberapa faktor dan kondisi spasial. Pada wilayah pesisir dan pantai, konsentrasi klorofil-a lebih tinggi daripada wilayah laut lepas. Disamping itu, kondisi perairan laut yang terdapat di daerah tropis umumnya memiliki konsentrasi yang rendah. Faktor lain yang mempengaruhi konsentrasi klorofil-a yaitu kualitas dan kondisi perairan (pH, salinitas, dan *Total Suspended Solid*). Berdasarkan faktor dan parameter yang digunakan dalam mengetahui konsentrasi klorofil-a, maka lokasi penelitian yang sesuai adalah di sekitar pantai Surabaya-Sidoarjo. Pantai ini terletak sepanjang bagian timur Kabupaten Sidoarjo hingga daerah Selat Madura. Latar belakang

yang paling utama dalam pemilihan lokasi tersebut karena pantai tersebut terkena dampak pencemaran dari pembuangan Lumpur Lapindo.

Peningkatan *volume* semburan lumpur yang terjadi pada tahun awal semburan mengakibatkan melubernya lumpur hingga merobohkan tanggul yang dibuat oleh masyarakat. Sehingga para ahli mengambil suatu keputusan untuk mengalirkan lumpur tersebut ke laut melalui Kali Porong. Kondisi ini yang kemudian menyebabkan munculnya sedimentasi di sepanjang Pantai Surabaya – Sidoarjo dengan dominasi nilai *TSS* 25 – 125 mg/L (Mayasari, 2010). Namun keputusan tersebut memberikan dampak terhadap beberapa aspek seperti keberadaan tambak masyarakat seluas 1,6 hektar yang berada di tepi pantai menjadi terancam, ekosistem laut menjadi rusak, dan meningkatnya sedimen sepanjang pantai yang diakibatkan oleh pembuangan lumpur. Hal ini dikarenakan Lumpur Lapindo mengandung material yang dapat membahayakan organisme dan biota laut. Dengan adanya pergerakan dan perubahan angin musim, sedimen dan material lumpur terbawa arus hingga di daerah perairan Selat Madura.

Oleh karena itu, diperlukan adanya penelitian yang mengkaji tentang persebaran klorofil-a di sekitar pantai Surabaya – Sidoarjo dampak dari pembuangan Lumpur Lapindo yang bermuara ke laut dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh yaitu menggunakan data citra satelit Aqua MODIS dan Landsat 8. Beberapa kegunaan dari teknologi penginderaan jauh diantaranya adalah kemampuan untuk mendeteksi klorofil-a yang terdapat di perairan dan dapat digunakan untuk melakukan penelitian secara temporal. Keunggulan teknologi ini dibandingkan penginderaan jarak dekat yaitu area cakupan yang luas, lebih efektif, cepat, dan tidak membutuhkan biaya yang besar.

Satelit Aqua MODIS dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, salah satunya adalah untuk mendeteksi klorofil-a. Sebagai pembanding, penelitian ini melakukan pengolahan pada citra satelit Landsat 8. Hal ini dikarenakan Landsat 8 memiliki ketelitian yang tinggi dalam segi spasial. Untuk itu dilakukan analisa

perbandingan antar citra, data pengolahan citra dengan data *ground truth*, dan persebaran konsentrasi klorofil-a secara temporal yang didukung dengan peta persebaran klorofil-a.

### 1.2 Perumusan Masalah

- a) Bagaimana mengetahui persebaran klorofil-a melalui citra satelit Aqua MODIS dan Landsat 8 dengan algoritma yang digunakan?
- b) Bagaimana mendapatkan perbandingan persebaran klorofil-a berdasarkan data lapangan dan citra satelit?
- c) Bagaimana mendapatkan korelasi klorofil-a di pantai Surabaya-Sidoarjo antara citra Aqua MODIS dan Landsat 8?
- d) Bagaimana persebaran klorofil-a di Pantai Surabaya – Sidoarjo?

### 1.3 Batasan Masalah

- a) Pengolahan citra pada Aqua MODIS menggunakan algoritma ATBD 19 (*Algorithm Theoretical Basic Document Modis 19*) dan pada Landsat 8 menggunakan algoritma konsentrasi klorofil-a.
- b) Parameter yang digunakan dalam mengetahui persebaran klorofil-a adalah pH, salinitas, dan *Total Suspended Solid (TSS)*.
- c) Mendapatkan persebaran klorofil-a di pantai Surabaya-Sidoarjo.
- d) Wilayah penelitian meliputi perairan di pantai Surabaya-Sidoarjo yang terkena dampak Lumpur Lapindo.

### 1.4 Tujuan Penelitian

- a) Untuk mengetahui persebaran klorofil-a melalui citra satelit Aqua MODIS dan Landsat 8 dengan algoritma yang digunakan.

- b) Untuk mendapatkan perbandingan persebaran klorofil-a yang ada di perairan Surabaya-Sidoarjo antara citra Aqua MODIS dan Landsat 8.
- c) Untuk mendapatkan korelasi klorofil-a berdasarkan data lapangan dan citra satelit.
- d) Untuk mengetahui persebaran klorofil-a di Pantai Surabaya – Sidoarjo secara temporal tahun 2008 - 2014.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin diperoleh dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah mendapatkan persebaran konsentrasi klorofil-a di pantai Surabaya-Sidoarjo dampak Lumpur Lapindo yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam menentukan lokasi penangkapan ikan.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

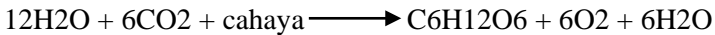
#### **2.1 Klorofil-a**

Klorofil merupakan pigmen hijau yang terdapat pada tumbuhan. Tipe klorofil yang paling umum dari tumbuhan yaitu klorofil-a. Dalam inventarisasi dan pemetaan sumberdaya alam pesisir dan laut, klorofil-a digunakan untuk mengetahui keberadaan fitoplankton dalam air. Berdasarkan *United State Environmental Protection Agency*, semakin tinggi konsentrasi klorofil-a semakin berlimpah fitoplankton di air tersebut. Fitoplankton merupakan organisme laut yang melayang dan hanyut dalam air laut serta mampu melakukan fotosintesis (Nybakken, 1992). Kandungan klorofil-a di perairan dapat digunakan sebagai ukuran banyaknya fitoplankton pada suatu perairan tertentu dan dapat digunakan sebagai petunjuk produktivitas perairan.

Jenis pigmen yang terbesar dalam fitoplankton adalah klorofil-a. Fitoplankton juga dilengkapi pigmen-pigmen pelengkap sebagai alat tambahan bagi klorofil-a dalam mengabsorpsi sinar. Pigmen-pigmen tambahan ini mampu mengabsorpsi sinar-sinar dalam spektral yang oleh klorofil-a tidak mampu menyadapnya (Basmi, 1995).

Fitoplankton (plankton nabati) merupakan tumbuhan yang berukuran mikrokopis yang hidup melayang di laut dan tak dapat terlihat oleh mata telanjang (Nontji, 2006). Fitoplankton bisa ditemukan diseluruh massa air mulai dari permukaan laut hingga pada kedalaman dengan intensitas cahaya yang masih memungkinkan terjadinya fotosintesis. Fitoplankton sebagai produsen primer merupakan pangkal rantai makanan dan merupakan dasar yang mendukung kehidupan seluruh biota lainnya (Nontji, 2002). Fitoplankton sebagai tumbuhan yang mengandung pigmen klorofil mampu melaksanakan reaksi fotosintesis. Fotosintesis merupakan proses pemanfaatan energi cahaya matahari dalam mengubah senyawa anorganik menjadi

senyawa organik yang diperlukan untuk pertumbuhan (Campbell, 2000). Kemampuan fitoplankton membentuk zat organik dari zat anorganik tersebut maka fitoplankton disebut sebagai produsen primer (Nontji, 2002). Berikut merupakan reaksi fotosintesis secara sederhana:



Menurut Romimohtarto (2001), fitoplankton membentuk sejumlah besar biomassa di laut. Total produksi primer bersih fitoplankton di laut secara global berkisar  $15\text{--}18 \times 10^9$  ton C/th (Koblentz-Mishke *et al.*, 1970). Fitoplankton umumnya banyak terdapat di perairan sekitar muara sungai atau diperairan lepas pantai dimana terjadi *upwelling*. Pada kedua lokasi tersebut terjadi proses penyuburan karena masuknya zat hara kedalam lingkungan tersebut. Pada muara sungai zat hara datang dari daratan dan dialirkan oleh sungai ke laut, sedangkan di daerah *upwelling* zat hara terangkat dari lapisan dalam ke permukaan (Nontji, 2002).

Keberadaan fitoplankton di perairan sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor yang dapat mempengaruhi perkembangan, metabolisme, dan persebarannya meliputi:

a. pH

Nilai pH dapat menunjukkan kualitas air. pH memiliki peran dalam menentukan produktivitas perairan karena pada perairan basa dapat mendorong proses pembongkaran bahan organik yang ada dalam air menjadi mineral-mineral yang dapat diasimilasi oleh tumbuhan dan fitoplankton (Soeseno, 1974). Perairan dengan pH rendah sekali seringkali kekurangan hara dan rendah produktivitasnya (Odum, 1993).

b. Salinitas

Salinitas memiliki peran penting di perairan dalam mempertahankan tekanan osmosis antara tubuh organisme dan perairan. Limpahan dan distribusi fitoplankton dapat ditentukan dengan variasi salinitas. Pada perairan laut

Indonesia, salinitas berkisar antara 32% - 34% (Dahuri *et al.*, 1996).

c. *TSS*

*TSS* di perairan dapat berupa pasir, lumpur, tanah liat, koloid, serta bahan-bahan organik seperti plankton dan organisme lain. Konsentrasi dan komposisi muatan padatan tersuspensi ini bervariasi secara temporal dan spasial tergantung pada faktor-faktor fisik yang mempengaruhi distribusi, terutama dalam pola sirkulasi air, pengendapan gravitasional, deposisi, dan sedimen tersuspensi. Dimana faktor yang paling dominan adalah sirkulasi air (Effendi, 2003).

Salah satu satelit indera yang mampu mendata nilai klorofil-a adalah satelit Aqua MODIS yang diluncurkan pertama kali pada 4 Mei 2002 yang spesifikasinya digunakan untuk memetakan lautan (Maccherone, 2005).

## 2.2 Lumpur Lapindo

Lapindo Brantas Inc., pertama didirikan pada tahun 1996 setelah proses kepemilikan sahamnya diambil alih dari perusahaan yang berbasis di Amerika Serikat, *Huffington Corporation*, yang saat itu telah melakukan penandatanganan perjanjian *Production Sharing Contract (PSC)* dengan Blok Brantas di Jawa Timur untuk jangka waktu 30 tahun. Lapindo Brantas, Inc (LBI) bergerak di bidang usaha eksplorasi dan produksi migas di Indonesia yang beroperasi melalui skema Kontraktor Kontrak Kerja Sama (KKKS) di blok Brantas, Jawa Timur. Pada tanggal 29 Mei 2006, terjadi peristiwa menyemburnya lumpur panas pada lokasi pengeboran tepatnya di Desa Renokenongo, Porong, Jawa Timur. Pihak Lapindo memberikan dua alasan mengenai asal semburan yaitu terjadinya kesalahan prosedur dalam kegiatan pengeboran dan semburan lumpur terjadi bersamaan dengan kegiatan pengeboran yang sedang dilakukan. Kandungan lumpur terdiri dari material yang

berbahaya seperti Arsen, Barium, Boron, Timbal, Raksa, Sianida bebas, dan *Trichloropenol*.



Gambar 2.1 Kondisi Pusat Semburan Lumpur Lapindo, Sidoarjo  
(Ya'kub, 2013)

Sejak lumpur menyembur ke permukaan, *volume* lumpur semakin meningkat dari 50.000 m<sup>3</sup>/hari menjadi 126.000 m<sup>3</sup>/hari. Hal ini mendorong para ahli untuk melakukan rapat kerja pada tanggal 27 September 2007 dan memutuskan bahwa untuk membuang lumpur ke laut melalui Kali Porong. Hal ini dikarenakan untuk menahan agar lumpur tidak meluber ke permukiman sekaligus mencari alternatif penanganan bencana tersebut. Keputusan ini menyebabkan banyak aspek yang dirugikan seperti terjadinya kerusakan ekosistem, tambak yang ada di sepanjang pantai menjadi terancam, dan munculnya sedimen di muara Kali Porong. Sedimentasi di sepanjang pantai Surabaya-Sidoarjo didominasi oleh nilai TSS 25-125 mg/L. Selain itu sedimentasi juga dapat dilihat dari adanya penambahan luas daratan sebesar 147,978 hektar antara tahun 2003 sampai 2006 dan 213,888 hektar antara tahun 2006 sampai 2009. Dari hasil ini dapat diindikasikan bahwa terjadi peningkatan laju sedimentasi pasca pembangunan jembatan Suramadu dan peristiwa Lapindo (Mayasari, 2010).

### 2.3 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh (*remote sensing*) adalah pengambilan atau pengukuran data dan informasi mengenai sifat dari sebuah fenomena, obyek, atau benda dengan menggunakan sebuah alat perekam tanpa berhubungan secara langsung dengan bahan studi.

Teknologi penginderaan jauh memiliki beberapa komponen dalam pengambilan data yang saling berhubungan. Komponen-komponen tersebut yaitu (Lillesand dan Kiefer, 1990):

- a. Sumber energi berupa radiasi elektromagnetik yang berasal dari matahari dan buatan.
- b. Atmosfer, merupakan media lintasan dari energi elektromagnetik.
- c. Interaksi antara energi dan objek atau target
- d. Sensor, yaitu alat yang mendeteksi radiasi gelombang elektromagnetik dari suatu objek dan mengubahnya kedalam bentuk sinyal yang bisa direkam.
- e. Perolehan data yang dapat dilakukan dengan intepretasi secara manual yaitu intepretasi visual dan intepretasi digital dengan bantuan komputer.
- f. Hasil informasi dalam bentuk peta, tabel dan laporan.
- g. Pengguna data

Sensor yang terdapat dalam satelit menerima pantulan radiasi sinar matahari dari permukaan bumi dan kolom air. Radiasi tersebut ketika menuju perairan dipengaruhi oleh atmosfer, dimana terjadi penyerapan dan penghamburan oleh awan, molekul udara, dan aerosol. Pada saat masuk ke dalam kolom perairan, sinar matahari diserap atau dipantulkan oleh organisme yang ada di perairan seperti fitoplankton dan muatan tersuspensi. Menurut Basmi (1995), pigmen fotosintesis yaitu klorofil-a mengabsorpsi energi sinar violet dan merah. Sedangkan sinar hijau hampir tidak terabsorpsi.

Resolusi merupakan kemampuan suatu sistem optik elektronik untuk membedakan informasi yang secara spasial berdekatan atau secara spektral mempunyai kemiripan. Dalam

bidang penginderaan jauh, terdapat empat konsep resolusi yang sangat penting yaitu resolusi spasial, resolusi spektral, resolusi radiometrik, dan resolusi temporal (Danoedoro, 1996).

#### 1. Resolusi Spasial

Resolusi spasial adalah ukuran terkecil obyek yang masih dapat dideteksi oleh suatu sistem pencitraan. Semakin kecil ukuran obyek (terkecil) yang dapat terdeteksi, semakin halus atau tinggi resolusinya. Sebaliknya, semakin besar ukuran obyek terkecil yang dapat terdeteksi, semakin kasar atau rendah resolusinya. Obyek akan tercatat sebagai satu sel penyusun citra (*pixel = picture element*, elemen gambar) yang sebenarnya memuat informasi beberapa obyek.

#### 2. Resolusi Spektral

Resolusi spektral adalah kemampuan suatu sistem optik-elektronik untuk membedakan informasi obyek berdasarkan pantulan atau pancaran spektralnya. Semakin banyak jumlah salurannya, semakin tinggi kemungkinannya dalam mengenali obyek berdasarkan respon spektralnya atau resolusi spektralnya tinggi.

#### 3. Resolusi Radiometrik

Merupakan kemampuan sensor dalam mencatat respon spektral obyek. Respon ini datang mencapai sensor dengan intensitas yang bervariasi. Kemampuan sensor ini secara langsung dikaitkan dengan kemampuan koding (*digital coding*), yaitu mengubah intensitas pantulan atau pancaran spektral menjadi angka *digital* yang dinyatakan dalam bit.

#### 4. Resolusi Temporal

Resolusi temporal yaitu kemampuan suatu sistem untuk merekam ulang daerah yang sama. Satuan resolusi temporal adalah jam atau hari.

### 2.4 Pengolahan Citra Digital

Citra satelit yang masih berupa metadata (data mentah) belum menghasilkan informasi sesuai kebutuhan. Sehingga data tersebut perlu diolah terlebih dahulu dengan beberapa langkah yang

disesuaikan terhadap kondisi citra. Berikut ini merupakan beberapa tahapan yang dilakukan dalam pengolahan citra:

### 1. Pemotongan Citra (*Cropping*)

Data satu *scene* suatu citra mempunyai cakupan wilayah yang luas dan tidak semua data dalam satu *scene* tersebut dibutuhkan dalam penelitian, sehingga harus dilakukan pemotongan citra. Selain pengolahan selanjutnya menjadi terfokus pada daerah penelitian, proses ini juga dapat memperkecil besar *file* yang digunakan. Hal ini mampu membantu pemrosesan data lebih cepat dan efektif.

### 2. Koreksi Geometrik

Beberapa citra *digital* yang dihasilkan dari perekaman satelit secara langsung tidaklah terbebas dari kesalahan. Kesalahan ini biasanya muncul akibat adanya gerakan satelit, rotasi bumi, gerakan cermin pada sensor *scanner* dan kelengkungan bumi. Citra Aqua MODIS level 1B dan Landsat 8 pada penelitian ini perlu dilakukan koreksi geometrik agar citra dapat diolah pada tahap selanjutnya untuk memperoleh informasi.

Transformasi geometrik yang paling mendasar yaitu penempatan kembali posisi piksel sedemikian rupa sehingga citra *digital* yang telah ditransformasi dapat dilihat gambaran obyek di permukaan bumi yang terekam sensor. Hasil dari transformasi ini adalah pengubahan bentuk kerangka liputan dari bujur sangkar menjadi jajaran genjang. Tahap ini diterapkan pada citra *digital* mentah (langsung hasil rekaman satelit) dan merupakan kesalahan geometrik sistematis (Danoedoro, 1996).

Koreksi geometrik dilakukan dengan mengasosiasikan piksel pada citra satelit dengan lokasi sebenarnya di permukaan bumi. Pada penerapannya, lokasi tersebut biasanya dilambangkan oleh titik yang diukur langsung pada obyek tertentu yang mudah dikenali pada citra misalnya persimpangan jalan, percabangan sungai dan lain-lain. Titik koreksi ini dikenal dengan sebutan titik kontrol lapangan

(GCP atau *ground control point*). Terdapat dua metode koreksi geometrik, yaitu sebagai berikut:

a. Koreksi Geometri dengan Rektifikasi Citra ke Peta

Rektifikasi citra ke peta menggunakan prinsip bahwa peta mempunyai sistem proyeksi dan koordinat yang lebih benar sehingga dapat diacu oleh citra. Dalam proses ini, sistem geometri citra diubah menjadi planimetrik. Segala aktivitas pemanfaatan citra yang memerlukan pengukuran jarak, arah, dan luas yang akurat selalu memerlukan jenis koreksi ini. Meskipun demikian, metode koreksi ini tidak mampu menghilangkan semua distorsi yang disebabkan oleh pergeseran relief pada citra. Oleh karena itu, metode koreksi semacam ini akan sangat terasa kekurangannya untuk menghasilkan citra yang terproyeksikan secara orthogonal penuh (*orthoimage*) dengan menghilangkan semua distorsi (Danoedoro 2012).

b. Koreksi Geometri dengan Rektifikasi Citra ke Citra

Koreksi geometri dengan rektifikasi dari citra ke citra merupakan suatu proses yang membandingkan pasangan titik-titik yang dapat diidentifikasi dengan mudah pada kedua citra. Rektifikasi citra ke citra tidak memerlukan hasil yang harus menyajikan informasi tentang koordinat yang benar-benar sesuai dengan peta (Danoedoro 2012).

3. Pemisahan Daratan

Untuk mendapatkan daerah penelitian berupa lautan, maka data daratan dipisahkan atau dihilangkan dari daerah penelitian dengan memasukkan rumus sebagai berikut:

$$BI \text{ } Gt \text{ } 0.0 \quad \dots (2.1)$$

4. Pemisahan Awan (*Cloud Masking*)

Dalam pengolahan data citra MODIS, pemisahan awan telah digunakan dimana piksel reflektan biru (saluran 3)  $\geq 0.2$  sebagai tutupan awan. Terdapat 46 peta tutupan awan umum digunakan dalam penelitian yang telah dikeluarkan dari



analisis yang lebih panjang (X. Xiao et al, 2005). Algoritma pemisahan awan untuk citra MODIS adalah sebagai berikut:

$$CM = (B3 \text{ } GE \text{ } 0.2) * 0 + (B3 \text{ } LT \text{ } 0.2) * 1 \quad \dots(2.2)$$

Dimana: *B3* : Saluran 3 MODIS

*GE* : *Greater Equal*

*LT* : *Less Than*

## 2.5 Citra Satelit Aqua MODIS

MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) merupakan sensor dengan mekanisme pemindaian melintang arah gerak orbit (*across-track scanning*). Satelit yang memiliki sensor MODIS adalah Aqua dan Terra, dimana sensor tersebut dirancang untuk mengukur sifat-sifat fisik atmosfer, daratan, dan lautan. MODIS memiliki beberapa keunggulan dalam hal rektifikasi geometri, resolusi spasial, kepekaan radiometri, serta kalibrasi radiometri yang lebih akurat dibandingkan dengan AVHRR (Aronoff, 2005). MODIS mampu menyapu seluruh permukaan bumi dalam satu-dua hari dengan lebar sapuan 2.330 km dan terdiri atas 36 saluran spektral. MODIS juga memberikan informasi dalam resolusi yang bervariasi, dari 250 m, 500 m, dan 1 km. Adapun rincian saluran spektral pada sensor MODIS adalah sebagai berikut :

Tabel 2.1 Rincian Saluran Spektral pada Sensor MODIS

Saluran Spektral	Resolusi Spektral (μm)	Resolusi Spasial (m)	Pemanfaatan Saluran
1	0,620 – 0,670	250 x 250 m	Klasifikasi Penutupan lahan, deteksi serapan klorofil, pemetaan indeks luas liputan daun (LAI)
2	0,841 – 0,876		

Lanjutan Tabel 2.1 Rincian Saluran Spektral pada Sensor MODIS

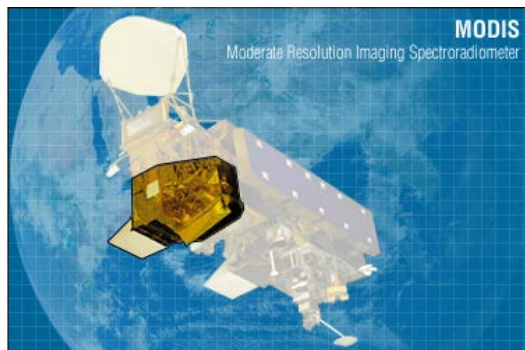
Saluran Spektral	Resolusi Spektral ( $\mu\text{m}$ )	Resolusi Spasial (m)	Pemanfaatan Saluran
3	0,459 – 0,479	500 x 500 m	studi sifat-sifat daratan, awan, dan aerosol
4	0,545 – 0,565		
5	1,230 – 1,250		
6	1,628 – 1,652		
7	2,105 – 2,155		
8	0,405 – 0,420	1 x 1 km	Studi warna perairan laut, fitoplankton, biogeokimia
9	0,438 – 0,448		
10	0,483 – 0,493		
11	0,526 – 0,536		
12	0,546 – 0,556		
13	0,662 – 0,672		
14	0,673 – 0,683		
15	0,743 – 0,753		
16	0,862 – 0,877	1 x 1 km	Studi uap air di atmosfer
17	0,890 – 0,920		
18	0,931 – 0,941		
19	0,915 – 0,965	1 x 1 km	Pengukuran temperatur permukaan daratan dan permukaan awan
20	3,600 – 3,840		
21	3,929 – 3,989		
22	3,929 – 3,989		
23	4,020 – 4,080	1 x 1 km	Pengukuran temperatur atmosfer
24	4,433 – 4,498		
25	4,482 – 4,549	1 x 1 km	Studi awan Cirrus
26	1,360 – 1,390		

Lanjutan Tabel 2.1 Rincian Saluran Spektral pada Sensor MODIS

Saluran Spektral	Resolusi Spektral ( $\mu\text{m}$ )	Resolusi Spasial (m)	Pemanfaatan Saluran
27	6,535 – 6,895	1 x 1 km	Studi uap air
28	7,715 – 7,475		
29	8,400 – 8,700		
30	9,580 – 9,880	1 x 1 km	Studi ozon
31	10,780-11,280	1 x 1 km	Pengukuran temperatur permukaan daratan dan permukaan awan
32	11,770-12,270		
33	13,185-13,485	1 x 1 km	Mengukur dan Mengkaji ketinggian puncak awan
34	13,485-13,785		
35	13,785-14,085		
36	14,085-14,385		

(Sumber: Mather, 2004)

Satelit Aqua MODIS adalah salah satu satelit yang dapat digunakan untuk mengetahui sebaran klorofil-a.



Gambar 2.2 Satelit Aqua MODIS  
(Anonim, 2011)

Aqua MODIS memiliki beberapa produk dengan sumber yang bervariasi. Salah satu produk Aqua MODIS yaitu citra level 3 yang terdiri dari data suhu permukaan laut, konsentrasi klorofil-a dan data parameter lain. Adapun spesifikasi teknik Aqua MODIS adalah sebagai berikut :

Tabel 2.2 Spesifikasi teknik satelit Aqua MODIS

Orbit	705 km, 13.30 p.m, <i>ascending node, sun-synchronous near polar</i> , sirkular
Rataan Pantauan	20,3 rpm, <i>cross track</i>
Luas Liputan	2.330 km ( <i>cross track</i> ) dengan lintang 10° lintasan pada nadir
Berat	228,7 kg
Tenaga ( <i>Power</i> )	168,5 W ( <i>single orbit average</i> )
Kuantitas	12 bit
Resolusi Spasial	250 m (saluran 1-2), 500 m (saluran 3-7), 1000 m (saluran 8-36)
Desain Umur	6 tahun

(Sumber: Maccherone, 2005)

## 2.6 Satelit Landsat 8

Landsat 8 merupakan salah satu jenis satelit penginderaan jauh yang khusus mengindera ke bumi untuk tujuan pengelolaan sumber daya bumi. Dengan kondisi *Scan Line Corrector* Landsat-7 yang mengalami kerusakan tersebut, pengembangan *LDCM* (*Landsat Data Continuity Mission*) semakin penting. Pada bulan April 2008, NASA memilih *General Dynamics Advanced Information Systems, Inc.* untuk membangun satelit *LDCM*. Satelit tersebut akan dinamakan sebagai Landsat 8 setelah meluncur pada orbitnya. Satelit ini merupakan misi kerjasama antara NASA dan *USGS* (*U.S. Geological Survey*) dengan pembagian tanggung jawab masing-masing. NASA bertanggung jawab dalam penyediaan satelit Landsat 8, instrumen-instrumen, pesawat peluncur, dan elemen-elemen pendukung operasi misi. NASA juga akan mengelola fase awal peluncuran sampai dengan

kondisi satelit beroperasi di orbitnya pada ruas antariksa (dari peluncuran sampai penerimaan). *USGS* bertanggung jawab akan penyediaan pusat operasi-operasi misi dan sistem-sistem pengolahan pada stasiun Bumi (termasuk pengarsipan dan jaringan data), demikian juga tim operasi-operasi penerbangan. *USGS* juga akan membiayai tim ilmuwan Landsat. (General Dynamics, 2008 dalam Sitanggang, 2010)

Tabel 2.3 Parameter-parameter Orbit Satelit LDCM (Landsat-8)

Jenis Orbit	Mendekati lingkaran sinkron-matahari
Ketinggian	705 km
Inklinasi	98,2 °
Periode	99 menit
Waktu liput ulang (resolusi temporal)	16 hari
Waktu melintasi khatulistiwa ( <i>Local Time on Descending Node – LTDN</i> ) nominal	Jam 10:00 s.d 10:15 pagi

(Sumber: Sitanggang, 2010)

Satelit *LDCM* (Landsat 8) dirancang membawa sensor pencitra *OLI* (*Operational Land Imager*) yang mempunyai 8 (1 saluran inframerah dekat dan 7 saluran tampak reflektif) saluran dengan resolusi spasial yang sama dengan Landsat 7 yaitu 30 meter, akan meliputi panjang gelombang yang direfleksikan oleh objek-objek pada permukaan Bumi. Sensor pencitra *OLI* mempunyai saluran-saluran spektral yang menyerupai sensor *ETM+* (*Enhanced Thermal Mapper plus*) dari Landsat-7, akan tetapi sensor pencitra *OLI* ini mempunyai saluran-saluran yang baru yaitu saluran 1 (445 nm) untuk aerosol garis pantai dan saluran 9 (1375 nm) untuk mendeteksi *cirrus*, namun tidak memiliki saluran inframerah termal. Pada tahun 2008, program *LDCM* (Landsat-8) mengalami pengembangan untuk menghasilkan kontinuitas kanal inframerah termal, yaitu sensor

pencitra *TIRS* (*Thermal Infrared Sensor*) yang dapat menghasilkan kontinuitas data untuk saluran-saluran inframerah termal yang tidak dicitrakan oleh *OLI*.

Tabel 2.4 Spesifikasi Saluran Spektral Sensor Pencitra *LDCM*  
(Landsat 8)

Saluran No.	Saluran	Kisaran Spektral (nm)	Penggunaan Data	GSD (Resolusi Spasial)	<i>Radiance</i>	SNR
1	Biru	433-453	<i>Aerosol/ Coastal Zone</i>	30 m	40	130
2	Biru	450-515	<i>Pigments/ Scatter/ Coastal</i>	30 m (Kanal-kanal Warisan TM)	40	130
3	Hijau	525-600	<i>Pigments/ Coastal</i>		30	100
4	Merah	630-680	<i>Pigments/ Coastal</i>		22	90
5	Infra Merah Dekat (NIR)	845-885	<i>Foliage/ Coastal</i>		14	90
6	SWIR 2	1560-1660	Foliage		4	100
7	SWIR 3	2100-2300	Minerals/ Litter /No Scatter		1.7	100
8	PAN	500-680	Image Sharpening	15 m	23	80
9	SWIR	1360-1390	Cirruscloud Detection	30 m	6	130

(Sumber: Sitanggang, 2010)

## 2.7 Algoritma Klorofil-a

Data citra mentah yang didapatkan secara langsung dari perekaman satelit belum menyediakan informasi yang dibutuhkan. Suatu informasi dihasilkan ketika data mentah tersebut telah dilakukan pengolahan dan *input* algoritma. Dalam penelitian ini baik citra Aqua MODIS maupun Landsat 8 memiliki algoritma masing-masing untuk mengetahui keberadaan klorofil-a yang terdapat pada suatu perairan. Algoritma yang digunakan oleh citra Aqua MODIS adalah *Algorithm Theoretical Basic Document Modis 19 (ATBD 19)*.

$$C = 10^{(0,2818 - 2,783R + 1,863R^2 - 2,387R^3)} \quad \dots(2.3)$$

$$R = \log \left( \frac{Rrs\ 488}{Rrs\ 551} \right) \quad \dots(2.4)$$

Keterangan:

**C** : Nilai kandungan klorofil-a

**Rrs 488** : Nilai reflektansi permukaan pada panjang gelombang 488 nm (diwakili saluran 10)

**Rrs 551** : Nilai reflektansi permukaan pada panjang gelombang 488 nm (diwakili saluran 12)

Sedangkan pada Landsat 8, algoritma yang digunakan berbeda dengan algoritma Aqua MODIS, yaitu (Wibowo et, al, 1994) :

$$C = 0,2818 \times \left( \frac{NR\ 5 + NR\ 6}{NR\ 4} \right)^{3,497} \quad \dots(2.5)$$

Keterangan:

**C** : Konsentrasi klorofil-a (mg/m<sup>3</sup>)

**NR 4** : Nilai reflektan saluran 4

**NR 5** : Nilai reflektan saluran 5

**NR 6** : Nilai reflektan saluran 6

## 2.8 Uji Validasi

Uji validasi penelitian ini menggunakan metode korelasi linear, dimana pengukuran hubungan antara peubah X dan peubah Y. Hubungan kedua peubah dapat dinyatakan dalam bilangan yang disebut koefisien korelasi dengan lambang  $r$ . Dapat ditunjukkan bahwa  $-1 \leq r \leq 1$ . Besaran  $r$  dapat digunakan untuk mengukur keeratan hubungan linear antara kedua peubah. Apabila  $r = 1$  atau  $r$  mendekati 1, maka kedua peubah berkorelasi positif dan kemungkinan nilai peubah terletak pada garis lurus dengan kemiringan (*slope*) yang positif. Apabila  $r = -1$  atau  $r$  mendekati -1, maka kedua peubah berkorelasi negatif dan kemungkinan nilai peubah terletak pada garis lurus dengan kemiringan (*slope*) yang negatif. Jika nilai  $r = 0$  atau mendekati 0, maka kedua peubah dikatakan tidak berkorelasi, artinya tidak berhubungan linear satu sama lain. Sedangkan koefisien korelasi tidak nol berarti ada suatu hubungan linear antara nilai-nilai peubah di dalam data (Draper et. al, 1992). Persamaannya adalah sebagai berikut:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\left[ \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \right]^{1/2} \left[ \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 \right]^{1/2}} \quad \dots(2.5)$$

Dimana:

- X** : Data *ground truth*
- Y** : Data yang dihitung korelasinya (hasil pengolahan citra)
- n** : Data jumlah data
- r** : Koefisien korelasi

Dalam penelitian ini, uji korelasi digunakan untuk mengetahui hubungan dari nilai data *ground truth* dan data pengolahan citra. Sedangkan dalam mengetahui hubungan antara parameter dengan konsentrasi klorofil-a menggunakan metode regresi linear. Pada metode ini mempunyai sebaran peluang dua-peubah (*bivariate probability distribution*), dimana menjelaskan adanya hubungan atau ketergantungan suatu peubah acak Y terhadap suatu besaran atau kuantitas X yang bervariasi namun



bukan merupakan peubah acak. Regresi linear menghasilkan nilai berupa koefisien determinasi yang biasanya disimbolkan dengan  $r^2$ .

## 2.9 Penelitian Terdahulu

Adapun penelitian terdahulu terkait studi persebaran klorofil adalah sebagai berikut:

- Menurut Wardani (2012) dalam penelitiannya yang berjudul “Analisa Perbandingan Persebaran Konsentrasi Klorofil Antara Citra Satelit Terra dan Aqua/MODIS Ditinjau dari Suhu Permukaan laut dan Muatan Padatan Tersuspensi (Studi Kasus : Perairan Selat Madura dan Sekitarnya)”. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan perbandingan persebaran klorofil yang terdapat pada Selat Madura, Jawa Timur. Berdasarkan hasil validasi yang dilakukan dari perbandingan antara data survei lapangan dan data klorofil citra terdapat perbedaan nilai antara kedua citra satelit. Hasil analisa pada penelitian ini menjelaskan bahwa citra Aqua MODIS memiliki hasil lebih baik daripada citra Terra MODIS dan data klorofil yang digunakan telah merepresentasikan kondisi suhu yang sesungguhnya, yang dapat digunakan untuk mengetahui nilai klorofil yang ada di lapangan. Data dari citra Aqua MODIS mempunyai nilai koefisien determinasi lebih tinggi.
- Menurut Panjaitan (2009) dengan judul penelitian “Variabilitas Konsentrasi Klorofil-a dan Suhu Permukaan Laut dari Citra Satelit Aqua MODIS serta hubungannya dengan Hasil Tangkapan Ikan Lemuru di Perairan Selat Bali”. Penelitian ini mengambil lokasi penelitian di daerah Selat Bali dengan variasi secara spasial dan temporal dari tahun 2004-2008. Secara spasial konsentrasi klorofil-a mengalami peningkatan di perairan bagian selatan Selat Bali karena berhubungan langsung

dengan Samudera Hindia yang merupakan daerah *upwelling* paling intensif. Sedangkan, secara temporal konsentrasi klorofil-a dipengaruhi oleh musim (Barat dan Timur), bervariasi setiap bulan dan tahunnya. Produksi ikan lemuru mengalami kondisi yang fluktuatif dimana nilai produksi tertinggi sepanjang waktu penelitian adalah pada tahun 2006 Bulan November. Begitu pula dengan produksi terendah terjadi pada Bulan Juni tahun 2006. Sehingga pada penelitian ini terdapat korelasi yang positif antara konsentrasi klorofil-a dengan produksi lemuru.

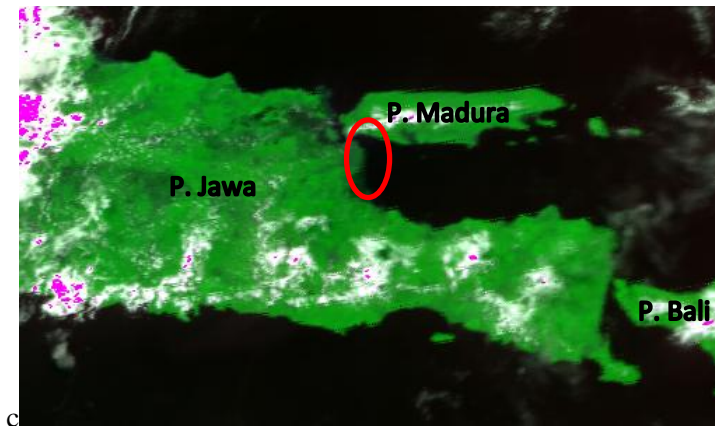
- Menurut Prihartato (2009) dalam penelitiannya yang berjudul “Studi Variabilitas Konsentrasi Klorofil-a dengan Menggunakan Data Satelit Aqua-MODIS dan SeaWiFS serta Data *In Situ* Di Teluk Jakarta”. Penelitian ini menggunakan data citra satelit Aqua MODIS level 3 dengan Suhu Permukaan Laut dari satelit NOAA AVHRR sebagai data penunjang. Pendugaan konsentrasi klorofil-a dari Aqua MODIS menggunakan algoritma OC3M. Secara umum, berdasarkan analisis temporal yang dikaji oleh beliau ditemukan konsentrasi klorofil-a cenderung tinggi pada Musim Barat (Desember – Februari) dan cenderung rendah pada Musim Peralihan I dan II (April – Mei; September – Oktober). Hal ini juga berkaitan dengan tingginya curah hujan dan kecepatan angin pada Musim Barat. Pada Musim Timur juga ditemukan nilai konsentrasi klorofil-a relatif tinggi yang diduga disebabkan faktor *upwelling* yang diindikasikan oleh rendahnya SPL pada musim ini. Pendugaan konsentrasi klorofil-a dari SeaWiFS cenderung *overestimate* terhadap Aqua MODIS.

### **BAB III**

## **METODOLOGI PENELITIAN**

### **3.1 Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian tentang studi persebaran klorofil-a dilakukan di daerah perairan Surabaya-Sidoarjo, yaitu di sekitar Selat Madura menggunakan citra satelit Aqua MODIS. Secara geografis, lokasi penelitian terletak pada  $7^{\circ}12' - 7^{\circ}18'$  LS dan  $112^{\circ}48' - 112^{\circ}52'$  BT. Adapun lokasi penelitian adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian  
(Sumber: Citra Aqua MODIS dengan RGB 3, 2, 1  
tanggal 25 Maret 2014)

### **3.2 Data dan Peralatan**

#### **3.2.1 Data**

Data yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini yaitu :

1. Citra Aqua MODIS level 1B tahun 2008-2014 dengan resolusi spasial sebesar 1 km setiap tahunnya pada bulan yang sama. Karena pengambilan sampel (*ground truth*) dilakukan pada tanggal 24 Maret 2014, maka citra yang

digunakan sebaiknya sama atau sesuai dengan tanggal *ground truth*. Namun, pada tahun yang berbeda hasil citra pada tanggal tersebut tidak dapat digunakan karena terdapat banyak awan pada daerah penelitian. Sehingga pengambilan citra disesuaikan pada bulan pengambilan sampel. Hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan hasil yang optimal, akurat, dan dapat mewakili karena masih tergolong dalam musim yang sama yaitu pada musim peralihan I.

2. Citra *Landsat* 8 tahun 2014, yang digunakan sebagai data pembandingan terhadap citra Aqua MODIS tahun 2014. *Landsat* 8 memiliki resolusi temporal 16 hari. Pada bulan Maret 2014, citra ini merekam data tanggal 9 dan 25. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan data citra *Landsat* 8 tanggal 25 Maret 2014 karena data ini merupakan data terdekat dengan tanggal *ground truth*.
3. Peta digital Rupa Bumi Indonesia (RBI) skala 1:1.000.000 dan 1:25.000, dimana peta ini digunakan sebagai acuan dalam proses koreksi geometrik.
4. Data yang digunakan untuk validasi persebaran klorofil-a adalah data pengambilan sampel (*ground truth*) di lokasi penelitian. Data ini berupa sampel air laut dan koordinat titik *in situ* yang diambil pada tanggal 24 Maret 2014.

### 3.2.2 Peralatan

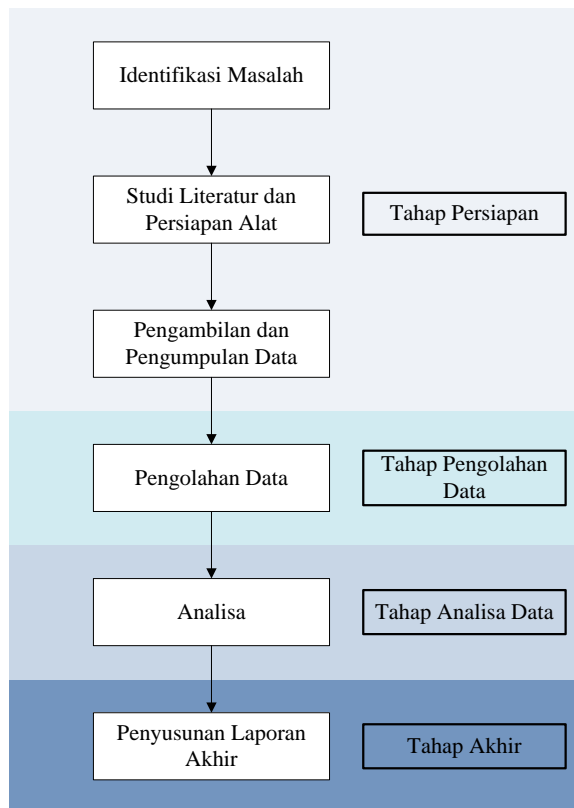
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Perangkat Keras (*Hardware*)
  - Laptop
  - GPS *Handheld*
  - Botol kaca dengan konten maksimal 150 ml
  - Perahu motor
2. Perangkat Lunak (*Software*)
  - Sistem Operasi *Windows 8*
  - *Microsoft Office 2013*
  - *Microsoft Visio 2007*

- *Software* pengolah data citra satelit
- *Software* pembuatan peta

### 3.3 Metodologi Penelitian

Pada metodologi penelitian ini menjelaskan tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penyusunan tugas akhir. Adapun tahapan penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3.2 Tahapan Penelitian

### 3.3.1 Tahap Persiapan

#### 1. Identifikasi Masalah

Permasalahan dalam penelitian Tugas Akhir ini yaitu tentang bagaimana mengetahui persebaran klorofil-a yang terdapat di pantai Surabaya-Sidoarjo dampak Lumpur Lapindo.

#### 2. Studi Literatur dan Persiapan Alat

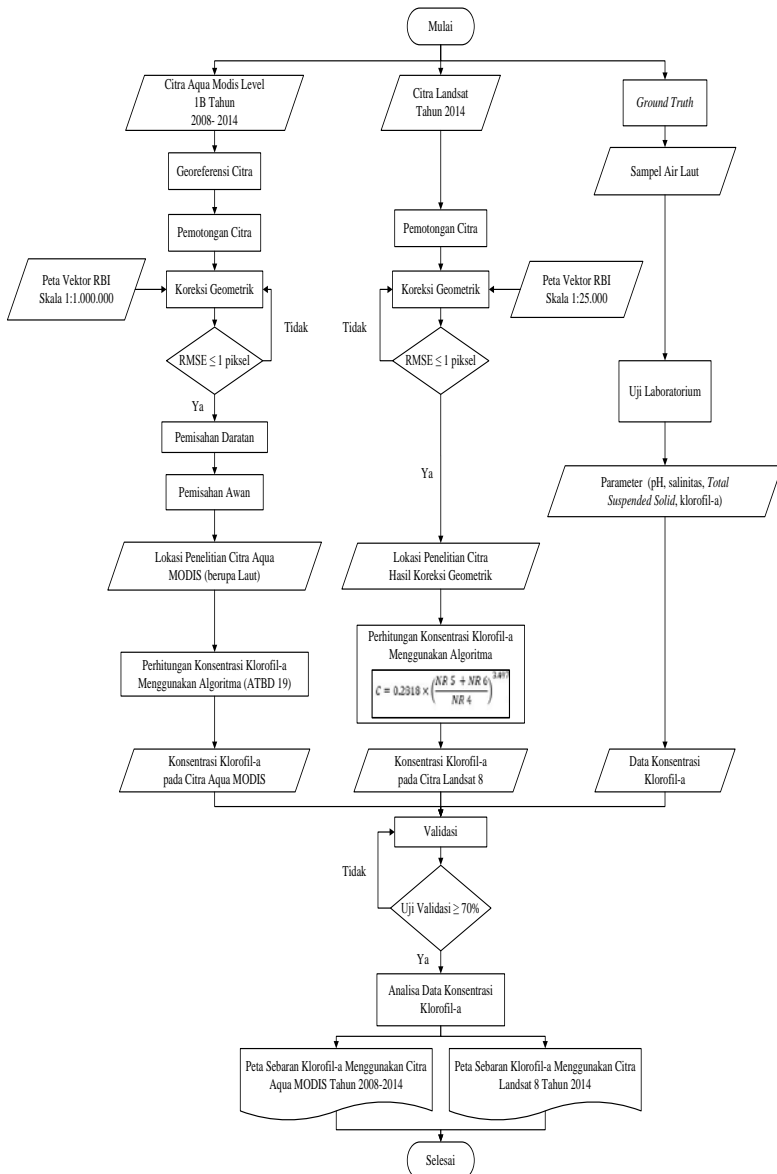
Studi literatur digunakan untuk mendapatkan referensi yang berkaitan dengan klorofil, bencana Lumpur Lapindo, penginderaan jauh, citra satelit. Referensi ini didapatkan dari berbagai sumber seperti jurnal, buku, majalah ilmiah, media, wawancara dengan ahli, dan lain sebagainya. Selain itu mempersiapkan alat-alat yang diperlukan sebelum melakukan pengambilan sampel di laut (*ground truth*).

#### 3. Pengambilan dan Pengumpulan Data

Pengambilan data dilakukan di lokasi penelitian dengan mengambil air laut sebagai sampel untuk mendapatkan parameter yang mempengaruhi kualitas air (salinitas, pH, dan *Total Suspended Solid*) dan konsentrasi klorofil-a. Disamping itu, pengumpulan data citra satelit Aqua Modis level 1B bulan Maret tahun 2008-2014, serta citra Landsat 8 bulan Maret tahun 2014 yang digunakan sebagai pembandingan pada penelitian ini.

### 3.3.2 Tahap Pengolahan Data

Berikut ini merupakan tahapan pengolahan dari data yang didapatkan baik dari data *ground truth* maupun data penunjang lainnya.



Gambar 3.3 Tahap Pengolahan Data

Berikut ini adalah penjelasan dari tahap pengolahan data diatas:

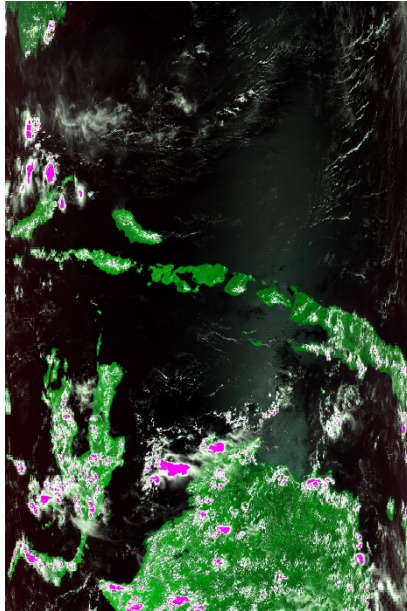
1. Data

Data citra yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra Aqua MODIS level 1B format *.hdf* bulan Maret tahun 2008-2014 dengan resolusi spasial 1 kilometer dan citra Landsat 8 bulan Maret tahun 2014 dengan resolusi 30 meter.

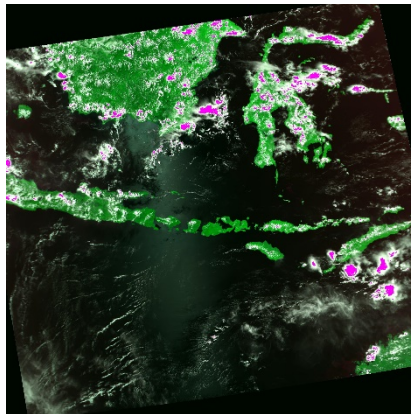
2. Georeferensi Citra

Proses ini bertujuan untuk mendapatkan citra yang sesuai dengan keadaan sebenarnya di permukaan bumi karena citra Aqua MODIS memiliki posisi yang terbalik. Hal ini disebabkan oleh arah orbit satelit yang bergerak dari utara ke selatan. Proses georeferensi pada citra Aqua MODIS dilakukan dengan memilih koordinat, datum, dan *units* yang ditampilkan dalam citra. Pada pengolahan citra MODIS level 1B, dipilih koordinat dalam *Geographic Lat/Lon*, Datum *WGS 84*, dan *Units* dalam *Degrees*. Pada proses *georeference* ini dipilih saluran yang dibutuhkan yaitu saluran 1, 2, 3, 10, dan 12.





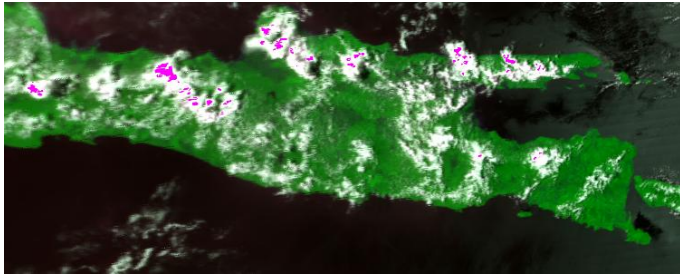
Gambar 3.4 Citra Aqua MODIS Maret 2014 Sebelum  
*Georeference*



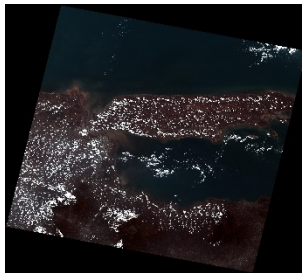
Gambar 3.5 Citra Aqua MODIS Maret 2014 Setelah  
*Georeference*

### 3. Pemotongan Citra

Proses pemotongan citra pada penelitian ini bertujuan untuk mempersempit area dari data rekaman citra satelit yang ada dan tertuju atau memusat pada lokasi penelitian agar lebih fokus. *Spatial Subsetting* merupakan pemotongan daerah citra dengan menghilangkan data spasial daerah yang tidak diperlukan dalam penelitian. Penelitian ini mengambil data pada daerah lautan, sehingga data daratan dipisahkan atau dihilangkan untuk menyesuaikan dengan daerah penelitian.



Gambar 3.6 Hasil Pemotongan Citra Aqua MODIS



(a)

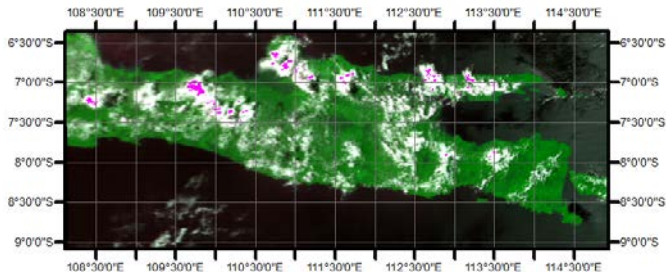


(b)

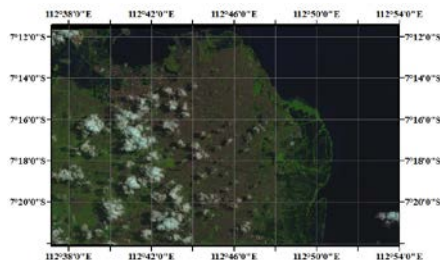
Gambar 3.7 Hasil Pemotongan Citra Landsat 8 (a) Sebelum dan (b) Sesudah

#### 4. Koreksi Geometrik

Koreksi ini dilakukan dengan menentukan titik-titik *GCP*. Hal ini bertujuan untuk mereduksi distorsi geometrik dari objek permukaan bumi yang ada pada citra yang diakibatkan oleh kelengkungan permukaan bumi dan beberapa faktor lain seperti variasi tinggi satelit, ketinggian satelit dan kecepatannya, sehingga posisi spasial dari suatu area pada citra sesuai dengan posisi sebenarnya di lapangan. Koreksi dilakukan dengan mengkoreksi citra terhadap peta dasar yaitu peta vektor administrasi Indonesia skala 1:1.000.000. Metode yang digunakan adalah *image to image*. Batas toleransi  $RMSE \leq 1$  piksel (Purwadhi, 2001). Apabila nilai  $RMSE$  melebihi 1 piksel, maka harus dilakukan koreksi ulang. Proses ini juga diaplikasikan pada citra Landsat 8 dengan mengacu peta vektor RBI skala 1:25.000.



Gambar 3.8 Hasil Koreksi Geometrik Aqua MODIS



Gambar 3.9 Hasil Koreksi Geometrik Landsat 8

5. Pemisahan Daratan

Untuk mendapatkan daerah penelitian berupa lautan, maka harus dilakukan pemisahan daratan dengan menentukan terlebih dahulu *Region of Interest*. Kemudian data daratan dipisahkan atau dihilangkan dari daerah penelitian dengan memasukkan rumus (2.1).

6. Pemisahan Awan

Satelit beredar pada orbitnya dengan menyapu seluruh permukaan bumi termasuk benda yang ada diatas bumi yang masih terjangkau oleh satelit seperti awan. Keberadaan awan menyebabkan proses pengolahan citra kurang baik, sehingga pemisahan awan (*cloud masking*) harus dilakukan dengan menggunakan rumus (2.2)

7. Perhitungan Konsentrasi Klorofil-a Menggunakan Algoritma

Konsentrasi klorofil dapat dihitung menggunakan algoritma pada *software* pengolah citra. Pada sensor MODIS, saluran yang digunakan adalah 9, 10, dan 12. Formula yang digunakan untuk mengolah nilai *digital* citra Aqua MODIS adalah ATBD 19 (*Algorithm Theoretical Basic Document Modis 19*) yang dijelaskan pada rumus (2.3) dan (2.4).

Pada Landsat 8, algoritma yang digunakan untuk memperoleh konsentrasi klorofil-a adalah rumus (2.5)

8. *Ground Truth*

Data ini diperoleh dengan pengambilan sampel berupa air laut di lokasi penelitian menggunakan botol kaca gelap dengan masing-masing isi air laut adalah 150 ml. Jumlah titik pengamatan ada 15 stasiun. Data lapangan ini kemudian diuji di Laboratorium Kualitas Lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan ITS untuk mendapatkan

parameter kualitas air (klorofil, pH, salinitas, dan *Total Suspended Solid*).

9. Validasi

Melakukan validasi terhadap hasil pengolahan citra satelit (Aqua MODIS dan Landsat 8) dengan data *ground truth*. Selain itu, proses ini juga dilakukan dengan melakukan perbandingan antar citra satelit.

3.3.3 Tahap Analisa Data

Uji validasi harus memenuhi ketentuan kesesuaian atau kevalidan data yaitu lebih dari 70%. Apabila tidak memenuhi maka harus dilakukan proses validasi ulang. Apabila memenuhi, maka dilakukan analisa terhadap hasil validasi.

Berdasarkan pada pengolahan data dan hasil validasi dihasilkan konsentrasi klorofil-a pada perairan Surabaya-Sidoarjo dan perbandingan konsentrasi klorofil-a secara temporal, yaitu pada tahun 2008-2014.

3.3.4 Tahap Akhir

Penyusunan laporan merupakan tahap akhir dari penelitian ini agar hasil penelitian ini (berupa peta sebaran klorofil-a dari citra Aqua MODIS tahun 2008-2014 dan Landsat 8 tahun 2014) mampu memberikan manfaat bagi masyarakat dan sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya.

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Hasil**

##### **4.1.1 Data Citra yang Digunakan dalam Penelitian**

Penelitian ini menggunakan 7 citra satelit Aqua MODIS dan 1 citra satelit Landsat 8 yang masing-masing merupakan hasil rekaman satelit pada Bulan Maret. Karena bertepatan dengan musim peralihan (dari musim hujan ke musim kemarau), beberapa citra Aqua MODIS yang diunduh tertutup oleh awan. Sehingga pemilihan data citra tersebut dipilih yang terbebas dari awan dan mencakup daerah penelitian. Berikut adalah data citra yang digunakan dalam penelitian ini:

Tabel 4.1 Data yang Digunakan dan *RMSE* Citra Aqua MODIS

<b>Tahun</b>	<b>Nama File</b>	<b><i>RMS Error</i></b>
2008	MYD021KM.A2008079.0615.005.2009312165136.hdf	0,245500
2009	MYD021KM.A2009085.0555.005.2009334110204.hdf	0,373824
2010	MYD021KM.A2010082.0630.005.2010082234259.hdf	0,344714
2011	MYD021KM.A2011087.0615.005.2011088160038.hdf	0,290258
2012	MYD021KM.A2012087.0545.005.2012087161909.hdf	0,314032
2013	MYD021KM.A2013079.0645.005.2013079175630.hdf	0,364443
2014	MYD021KM.A2014083.0550.005.2014083162047.hdf	0,501866

Penentuan data citra ini diambil berdasarkan pada tahun setelah pembuangan lumpur lapindo ke laut khususnya di Pantai Surabaya - Sidoarjo yaitu pada tahun 2008 hingga 2014. Data tersebut selanjutnya digunakan untuk mengetahui kondisi dan perubahan konsentrasi klorofil-a Pantai Surabaya – Sidoarjo secara temporal.

Selain itu, dalam penelitian ini memerlukan citra Landsat 8 yang memiliki resolusi spasial lebih tinggi daripada citra Aqua MODIS yaitu 30 meter. Citra Landsat 8 yang digunakan adalah

data citra satelit tahun 2014 karena citra ini digunakan untuk mendapatkan nilai klorofil-a sesuai dengan tahun pengambilan data. Disamping itu, pengolahan data citra tersebut digunakan untuk membandingkan dengan hasil ground truth, pengolahan citra Aqua MODIS, dan membandingkan dengan metode yang telah ada pada penelitian sebelumnya.

Tabel 4.2 Data yang Digunakan dan *RMSE* Citra Landsat 8

Tahun	Nama File	<i>RMS Error</i>
2014	LC81180652014084LGN00.tar	0,1729

*RMSE* pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 didapatkan dari proses koreksi geometrik, dimana proses ini dilakukan dengan meregistrasi citra dengan menempatkan *GCP* sedemikian rupa hingga diperoleh kenampakan citra sesuai dengan posisi yang sebenarnya. Koreksi ini dilakukan dengan mengacu pada peta vektor Indonesia skala 1:1.000.000 untuk citra Aqua MODIS dan 1:25.000 untuk koreksi citra Landsat 8. Batas toleransi nilai kesalahan *RMSE* yaitu  $\leq 1$  piksel. Sehingga hasil koreksi geometrik yang dilakukan telah sesuai dengan batas toleransi yang disyaratkan.

Tabel 4.3 Perhitungan *RMS Error* Citra Aqua MODIS pada Bulan Maret 2014

No. <i>GCP</i>	<i>Base</i>		<i>Warp</i>		<i>Predict</i>		<i>Error</i>		<i>RMS Error</i>
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	
1	169,00	986,50	170,25	990,25	170,2195	990,6453	-0,0305	0,3964	0,3964
2	226,50	1018,50	227,75	1022,25	227,5803	1021,8586	-0,1697	-0,3914	0,4266
3	164,50	1131,25	165,00	1133,25	164,7332	1133,4275	-0,2668	0,1775	0,3205
4	225,5	1129,50	225,75	1132,00	225,8504	1131,5389	0,1004	-0,4611	0,4719
5	278,00	1020,00	278,75	1023,00	279,1398	1023,0304	0,3898	0,0304	0,3910
6	307,25	1133,75	307,25	1135,25	307,7149	1135,5307	0,4649	0,2807	0,5431



Lanjutan Tabel 4.3 Perhitungan *RMS Error* Citra Aqua MODIS pada Bulan Maret 2014

No. <i>GCP</i>	<i>Base</i>		<i>Warp</i>		<i>Predict</i>		<i>Error</i>		<i>RMS Error</i>
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	
7	351,00	1026,50	351,75	1029,00	352,1983	1029,0379	0,4483	0,0379	0,4499
8	409,00	1176,00	410,00	1177,50	409,3918	1177,2555	-0,6082	-0,2445	0,6555
9	445,25	980,25	447,25	983,00	446,8455	982,4796	-0,4045	-0,5204	0,6591
10	548,00	1017,50	549,75	1018,25	549,5170	1018,9087	-0,2330	0,6587	0,6987
11	518,00	1196,25	518,00	1197,00	518,4854	1197,3098	0,4854	0,3098	0,5759
12	628,75	1205,50	629,75	1206,50	629,4047	1206,4949	-0,3453	-0,0051	0,3453
13	641,50	1074,25	643,25	1075,25	642,8517	1075,1241	-0,3983	-0,1159	0,4148
14	704,50	1198,25	704,75	1199,00	705,3411	1199,1994	0,5911	0,1994	0,6238
15	693,00	1130,50	694,75	1131,50	694,1530	1131,2939	-0,5970	-0,2061	0,6316
16	776,00	1110,50	777,00	1111,50	777,3897	1110,9763	0,3897	-0,5237	0,6528
17	785,25	1041,25	786,50	1041,00	786,9747	1041,3349	0,4747	0,3349	0,5810
18	820,25	1164,50	821,75	1165,25	821,4705	1165,1722	-0,2795	-0,0778	0,2902
19	809,75	1235,75	810,75	1237,00	810,6282	1236,8642	-0,1218	-0,1358	0,1824
20	762,00	1218,25	762,75	1219,00	762,8602	1219,2572	0,1102	0,2572	0,2799
<i>RMSE Total</i>									0,501866

Tabel 4.3 menunjukkan koordinat *GCP* citra Aqua MODIS Bulan Maret 2014, dimana terdapat 20 *GCP* yang digunakan untuk melakukan koreksi geometrik. Penempatan *GCP* pada citra tersebut terletak di bagian tepi pulau yang mudah dikenali bentuknya. Jumlah *GCP* ditentukan berdasarkan besar kecilnya resolusi spasial yang dimiliki citra. Apabila resolusi spasialnya rendah seperti MODIS, maka sebaiknya jumlah *GCP* diperbanyak. Penempatannya juga sebaiknya merata dan menyeluruh pada citra yang digunakan.

Sedangkan koreksi geometrik pada citra satelit Landsat 8 menggunakan 10 titik *GCP* (*Ground Control Point*) seperti yang dijelaskan dalam tabel berikut ini:

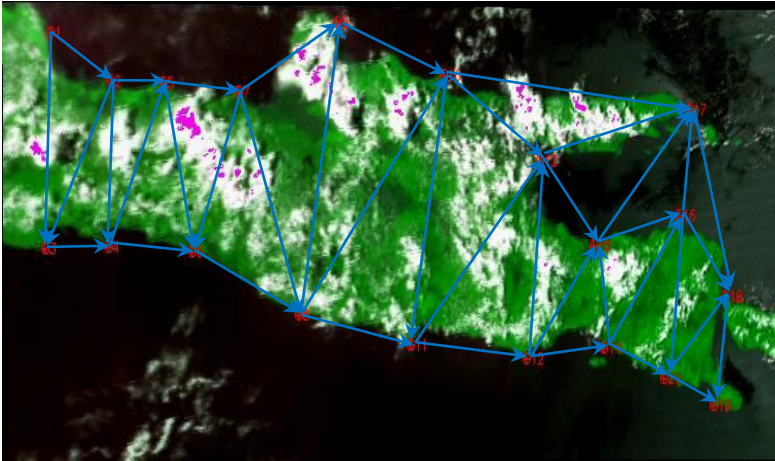
Tabel 4.4 *RMSE* pada Pengolahan Citra Landsat 8

No. <i>GCP</i>	<i>Base</i>		<i>Warp</i>		<i>Predict</i>		<i>Error</i>		<i>RMS Error</i>
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	
1	2180,25	4184,00	2182,00	4186,00	2182,1339	4185,8920	0,1339	-0,1080	0,1721
2	2006,50	4339,50	2007,50	4340,25	2007,2692	4340,3620	-0,2308	0,1120	0,2565
3	2069,00	4007,25	2071,00	4009,75	2070,9068	4009,8268	-0,0932	0,0768	0,1208
4	1942,00	4149,00	1943,00	4150,25	1942,9559	4150,3313	-0,0441	0,0813	0,0496
5	1835,50	3800,50	1836,50	3801,00	1836,5486	3800,9904	0,0486	-0,0096	0,0496
6	1747,50	3960,50	1748,00	3960,50	1747,8224	3960,3931	-0,1776	-0,1069	0,2073
7	1655,25	3803,00	1655,00	3801,00	1655,1909	3801,0148	0,1909	0,0148	0,1915
8	1522,50	3979,50	1521,75	3977,50	1521,6220	3977,5328	-0,1280	0,0328	0,1321
9	1629,00	4226,75	1628,50	4227,50	1628,5390	4227,5115	0,0390	0,0115	0,0406
10	1860,50	4343,75	1860,50	4345,00	1860,7612	4344,8953	0,2612	-0,1047	0,2814
<b><i>RMSE Total</i></b>									0,1729

Dari hasil koreksi tersebut, didapatkan nilai *Root Mean Square Error* sebesar 0,1729. Nilai ini memenuhi syarat batas toleransi yaitu kurang dari 1 piksel. Penempatan *GCP* harus diperhatikan dengan melihat *RMS Error* pada setiap titik. Ilustrasi *GCP* dijelaskan pada subbab kekuatan jaring.

#### 4.1.2 Kekuatan Jaring *SoF* (*Strength of Figure*)

Pada penelitian ini, penghitungan *Strength of Figure* dengan konfigurasi jaring sebagai berikut:



Gambar 4.1 Sebaran Titik *GCP* dan Konfigurasi Jaring pada Citra Aqua MODIS

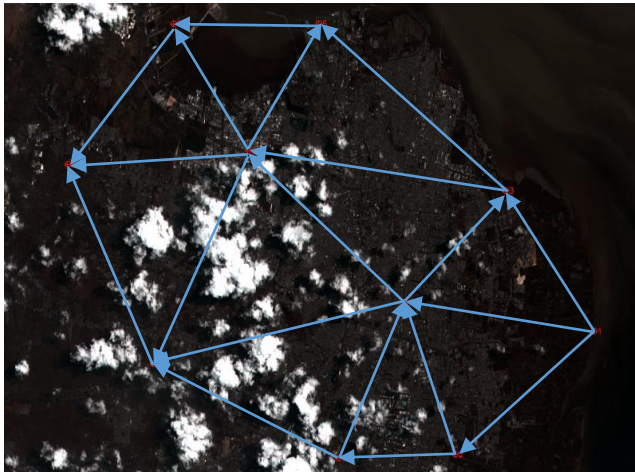
Berdasarkan gambar di atas, informasi yang didapatkan untuk menghitung *SoF* yaitu :

Jumlah <i>Baseline</i>	: 40	
Jumlah Titik	: 20	
N Ukuran	: Jumlah <i>Baseline</i> x 3	= 120
N Parameter	: Jumlah Titik x 3	= 60
U	: N Ukuran – N Parameter	= 60

$$SoF = \frac{Trace(A \times A^T)^{-1}}{U} = 0,1944$$

Sehingga kekuatan jaring dari konfigurasi diatas menunjukkan konfigurasi yang kuat karena jika nilai *SoF* semakin kecil atau mendekati nol, maka konfigurasi jaring akan semakin kuat, dan begitu pula sebaliknya.

Sedangkan pada pengolahan citra Landsat 8, penelitian ini menggunakan 10 *GCP* untuk mendapatkan nilai *SoF*. Adapun letak sebaran *GCP* dan penghitungan *SoF* adalah sebagai berikut:



Gambar 4.2 Sebaran Titik *GCP* dan Konfigurasi Jaringan pada Citra Landsat 8

Berdasarkan gambar di atas, informasi yang didapatkan untuk menghitung *SoF* yaitu :

Jumlah <i>Baseline</i>	: 19	
Jumlah Titik	: 10	
N Ukuran	: Jumlah <i>Baseline</i> x 3	= 57
N Parameter	: Jumlah Titik x 3	= 30
U	: N Ukuran – N Parameter	= 27

$$SoF = \frac{Trace(A \times A^T)^{-1}}{U} = 0,1098$$

Seperti halnya pada penghitungan *SoF* citra Aqua MODIS, *SoF* dari citra Landsat 8 juga memiliki nilai yang  $\leq 1$  dan mendekati 0. Sehingga konfigurasi jaringan yang digunakan merupakan konfigurasi yang kuat.

#### 4.1.3 Klorofil-a Berdasarkan Data *Ground Truth*

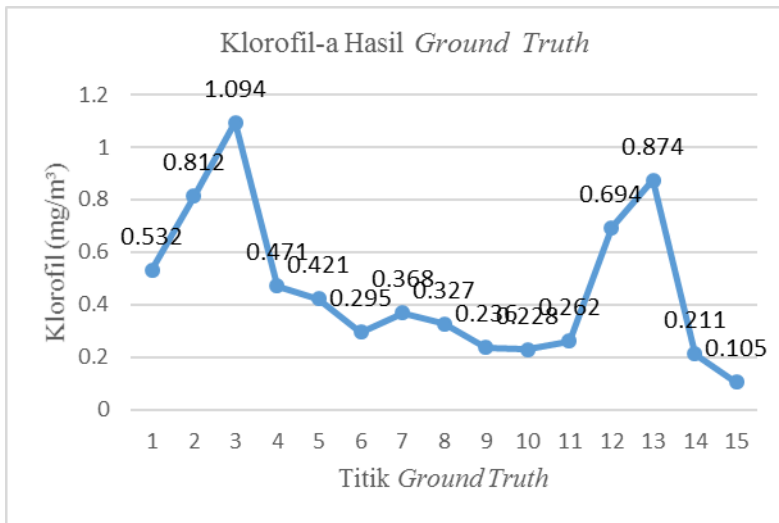
Data di bawah ini merupakan hasil pengambilan sampel pada tanggal 24 Maret 2014 di perairan Surabaya dengan mengambil 15 titik masing-masing 150 ml air laut yang kemudian

dilakukan uji laboratorium di Laboratorium Kualitas Lingkungan, Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS, Surabaya.

Tabel 4.5 Data *Ground Truth* Hasil Uji Laboratorium

No.	Waktu	X	Y	pH	Salinitas (%)	TSS (mg/mL)	Klorofil-a (mg/m <sup>3</sup> )
1	08.41	704337	9193046	6,9	6,19	24	0,532
2	08.56	703323	9196945	7,45	17,3	42	0,812
3	09.10	701568	9199269	7,5	22,3	74	1,094
5	09.22	702649	9200424	7,75	21,7	27	0,471
6	09.38	699994	9200567	7,55	23,4	16	0,421
7	09.51	706385	9195644	7,75	23,4	15	0,295
8	10.01	701357	9201597	7,65	23,3	14	0,368
8	10.12	704114	9199646	7,6	23,7	20	0,327
9	10.23	704384	9195010	7,4	22,5	9	0,236
10	10.33	703355	9198889	7,5	22,3	9	0,228
11	10.45	699700	9202008	7,6	20,6	10	0,262
12	10.56	706292	9192318	7,7	20,1	40	0,694
13	11.06	706088	9194229	7,75	23,6	56	0,874
14	11.17	706024	9197009	7,7	17,4	8	0,211
15	11.33	705283	9198413	7,65	25,1	4	0,105

Berdasarkan hasil uji laboratorium, rata-rata konsentrasi klorofil-a yang terdapat di lokasi penelitian adalah 0,462 mg/m<sup>3</sup>. Konsentrasi klorofil-a tertinggi pada titik ke-3 yaitu sebesar 1,094 mg/m<sup>3</sup> dan terendah 0,105 mg/m<sup>3</sup> yang terdapat pada titik ke-15. Berikut ini adalah grafik atau ilustrasi konsentrasi klorofil-a dari hasil *ground truth*:



Gambar 4.3 Grafik Perbedaan Konsentrasi Klorofil-a di Lapangan

Jika dilihat dari grafik di atas, konsentrasi di tiap titik pengambilan sampel mengalami konsentrasi yang fluktuatif dan bervariasi. Hal ini dapat terjadi karena kondisi perairan yang berbeda, selain itu juga dipengaruhi oleh perbedaan aspek geografis. Konsentrasi klorofil-a cenderung lebih tinggi di daerah pantai dan diduga pada titik tersebut mendapatkan zat hara yang tinggi dari daratan karena lokasinya berada dekat dengan muara sungai. Adapun posisi titik *ground truth* ditunjukkan pada gambar berikut ini:



Gambar 4.4 Posisi *GCP* pada Citra Aqua MODIS

Gambar 4.4 merupakan posisi pengambilan sampel (titik *ground truth*), dimana angka yang terdapat gambar tersebut menjelaskan titik sampel yang disesuaikan dengan waktu pengambilan sampel. Pengambilan sampel awal dilakukan pada daerah yang dekat dengan daratan dan selanjutnya menjauh terhadap daratan agar dapat mengetahui perbedaan persebaran konsentrasi klorofil-a di masing-masing lokasi. Jumlah titik sampel adalah 15 titik yang terletak di dekat Selat Madura.

#### 4.1.4 Klorofil-a Berdasarkan Data Citra

Pengolahan citra satelit, baik citra Aqua MODIS maupun Landsat 8 dengan memasukkan rumus algoritma masing-masing menghasilkan nilai klorofil-a dalam satuan  $\text{mg/m}^3$ . Titik *ground truth* ditampilkan (*overlay*) pada citra yang telah diolah sehingga nilai konsentrasi klorofil-a masing-masing citra dapat diketahui sebagai berikut:

Tabel 4.6 Konsentrasi Klorofil-a Berdasarkan Citra Aqua MODIS Tahun 2008-2014

Titik	Konsentrasi Klorofil-a (mg/m <sup>3</sup> )						
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
1	N/A	1,796	1,329	1,457	1,592	0,998	N/A
2	N/A	1,830	1,239	0,449	1,632	N/A	N/A
3	N/A	1,826	1,127	N/A	1,678	N/A	N/A
4	N/A	1,785	1,117	N/A	1,333	0,873	N/A
5	N/A	N/A	1,129	N/A	1,209	N/A	N/A
6	1,566	N/A	1,146	0,148	1,175	0,856	N/A
7	1,571	N/A	1,190	N/A	1,174	0,021	N/A
8	1,533	N/A	1,129	0,001	1,057	N/A	N/A
9	N/A	1,810	1,135	N/A	1,132	0,879	N/A
10	N/A	1,692	1,126	N/A	1,209	0,830	N/A
11	N/A	1,636	1,118	N/A	1,202	0,846	1,282
12	N/A	1,548	1,112	N/A	1,324	0,846	1,241
13	1,399	1,652	1,115	N/A	1,300	0,877	2,165
14	N/A	1,715	1,130	1,529	1,302	0,902	0,919
15	N/A	1,728	1,190	1,546	1,462	0,918	1,154

Konsentrasi klorofil-a setiap tahunnya mengalami perbedaan, dimana tidak semua data dapat diketahui. Terdapat beberapa data yang tidak tersedia dikarenakan daerah (titik *ground truth*) tertutup oleh awan atau keterbatasan sensor yang tidak dapat membaca nilai klorofil-a. Pada tabel diatas data tersebut disimbolkan dengan “N/A” yang berarti *Not Available*.

Sedangkan pada pengolahan citra Landsat 8, 15 titik secara keseluruhan dapat diketahui nilai konsentrasinya karena pada lokasi penelitian *clear* atau terbebas dari awan. Berikut ini merupakan tabel yang menunjukkan data nilai konsentrasi klorofil-a pada pengolahan citra Landsat 8:



Tabel 4.7 Konsentrasi Klorofil-a Berdasarkan Citra Landsat 8 Tahun 2014

Titik	Konsentrasi Klorofil-a (mg/m <sup>3</sup> )
1	0,012
2	0,013
3	0,006
4	0,007
5	0,004
6	0,003
7	0,002
8	0,003
9	0,003
10	0,005
11	0,006
12	0,009
13	0,019
14	0,015
15	0,020

Konsentrasi klorofil-a yang tinggi terdapat pada titik 1, 2, 13, 14, dan 15 dimana lokasi titik tersebut cenderung lebih dekat dengan daratan daripada titik lainnya.

## 4.2 Pembahasan

### 4.2.1 Analisa Klorofil-a Berdasarkan Hasil *Ground Truth* dan Citra Aqua MODIS

Analisa ini dapat dilakukan dengan menggunakan lima data yang tersedia, yaitu titik ke-11 sampai ke-15. Hal ini dikarenakan 10 data Aqua MODIS lainnya tertutup awan. Adapun perbandingan nilai konsentrasi klorofil-a hasil *ground truth* dengan citra Aqua MODIS pada Bulan Maret tahun 2014 yaitu:

Tabel 4.8 Konsentrasi Klorofil-a *Ground Truth* dan Aqua MODIS

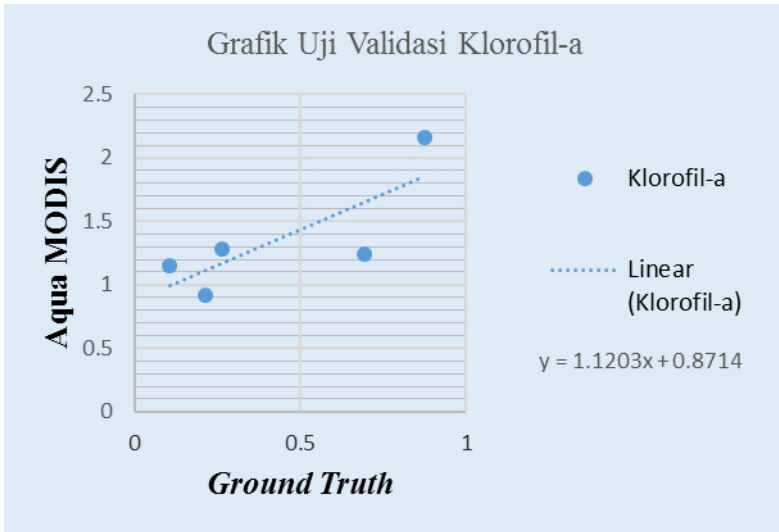
<i>GCP</i> ke-	Konsentrasi Klorofil-a (mg/m <sup>3</sup> )	
	Ground Truth	Citra
11	0,262	1,282
12	0,694	1,241
13	0,874	2,165
14	0,211	0,919
15	0,105	1,154

Berdasarkan tabel di atas, nilai konsentrasi kedua data selanjutnya dilakukan uji validasi sebagai berikut:

Tabel 4.9 Korelasi Linear Aqua MODIS dan *Ground Truth*

	<i>Column 1</i>	<i>Column 2</i>
<i>Column 1</i>	1	
<i>Column 2</i>	0,788829	1

Uji validasi dalam penelitian ini menggunakan metode korelasi linear. Berdasarkan analisa korelasi linear dengan menggunakan persamaan (2.5), kedua jenis data memiliki koefisien korelasi ( $r$ ) sebesar 78,88%. Hal ini menunjukkan bahwa korelasi antara hasil *ground truth* dengan hasil pengolahan citra Aqua MODIS kuat. Hubungan antara dua variabel dikatakan kuat dan valid apabila hasil korelasi linear menunjukkan nilai  $\geq 70\%$ . Sebaliknya, jika nilai tidak mencapai 70%, maka hubungan kedua variabel lemah. Sehingga berdasarkan hubungan tersebut menunjukkan pula bahwa data citra satelit Aqua MODIS dapat menjelaskan sebagian besar konsentrasi klorofil-a di suatu perairan. Sedangkan sisanya sebesar 21,12% merupakan faktor lain yang tidak diamati oleh citra satelit.



Gambar 4.5 Grafik Validasi Aqua MODIS dan *Ground Truth*

Model matematis yang dapat menjelaskan perbandingan kedua data ini adalah

$$y = 1,1203x + 0,8714$$

dimana :  $y$  = Klorofil-a Aqua MODIS

$x$  = Klorofil-a *Ground Truth*

#### 4.2.2 Analisa Klorofil-a Berdasarkan Hasil *Ground Truth* dan Citra Landsat 8

Dalam proses analisa antara citra Landsat 8 dan *ground truth*, data yang dapat dibandingkan adalah 15 titik karena pada lokasi penelitian kondisi citra *clear* atau terbebas dari awan. Data yang digunakan yaitu citra Landsat 8 tanggal akuisisi 25 Maret 2014 dan data *ground truth* tanggal 24 Maret 2014. Sehingga perbandingan data konsentrasi klorofil-a kedua data tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 4.10 Konsentrasi Klorofil-a *Ground Truth* dan Landsat 8

Titik	Konsentrasi Klorofil-a (mg/m <sup>3</sup> )	
	<i>Ground Truth</i>	Landsat 8
1	0,532	0,012
2	0,812	0,013
3	1,094	0,006
4	0,471	0,007
5	0,421	0,004
6	0,295	0,003
7	0,368	0,002
8	0,327	0,003
9	0,236	0,003
10	0,228	0,005
11	0,262	0,006
12	0,694	0,009
13	0,874	0,019
14	0,211	0,015
15	0,105	0,020

Berdasarkan pada tabel di atas dilakukan uji validasi untuk mendapatkan hubungan antara nilai konsentrasi klorofil-a pengolahan citra Landsat 8 dengan data *ground truth* seperti dijelaskan pada tabel di bawah ini:

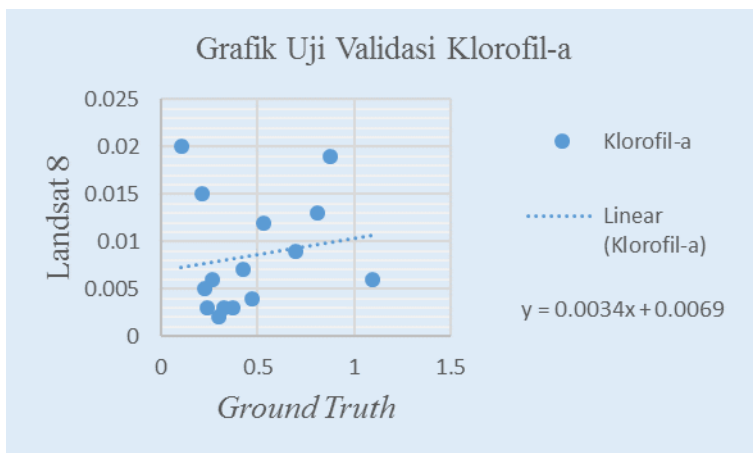
Tabel 4.11 Korelasi Linear Landsat 8 dan *Ground Truth*

	<i>Column 1</i>	<i>Column 2</i>
<i>Column 1</i>	1	
<i>Column 2</i>	0,16235	1

Seperti halnya analisa yang dilakukan pada citra Aqua MODIS, uji validasi yang digunakan pada data Landsat 8 dan *ground truth* berikut ini adalah metode korelasi linear. Berdasarkan analisa korelasi linear dengan persamaan (2.5) yang

digunakan, kedua jenis data memiliki koefisien korelasi ( $r$ ) sebesar 16,24%. Hal ini menunjukkan bahwa korelasi antara hasil *ground truth* dengan hasil pengolahan citra Landsat 8 lemah dan memiliki hubungan yang jauh. Hubungan antara dua data tersebut dikatakan lemah karena hasil korelasi linear menunjukkan nilai  $\leq 70\%$ .

Pengolahan citra satelit ini menggunakan algoritma berdasarkan pada penelitian sebelumnya. Jika penelitian sebelumnya menggunakan saluran 3, 4, dan 5 dari Landsat 7 ETM, maka pada penelitian ini menggunakan saluran 4, 5, dan 6 dari Landsat 8. Pemilihan saluran pada Landsat 8 ini menyesuaikan panjang gelombang citra Landsat 7 yang mendekati. Pada penelitian sebelumnya dijelaskan bahwa akurasi citra Landsat lemah meskipun data hasil pengolahan citra dengan data lapangan mirip. Sehingga dapat dikatakan bahwa hasil analisa penelitian sebelumnya dengan penelitian ini sama. Dan hal ini menunjukkan bahwa hasil data pengolahan citra Landsat 8 belum dapat mewakili data *ground truth*. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya perlu dilakukan pengolahan dengan algoritma lainnya. Berikut ini adalah grafik uji validasi antara Landsat 8 dan data *ground truth*.



Gambar 4.6 Grafik Validasi Landsat 8 dan *Ground Truth*

Model matematis yang dapat menjelaskan perbandingan kedua data ini adalah

$$y = 0,0034x + 0,0069$$

dimana : y = Klorofil-a Landsat 8

x = Klorofil-a *Ground Truth*

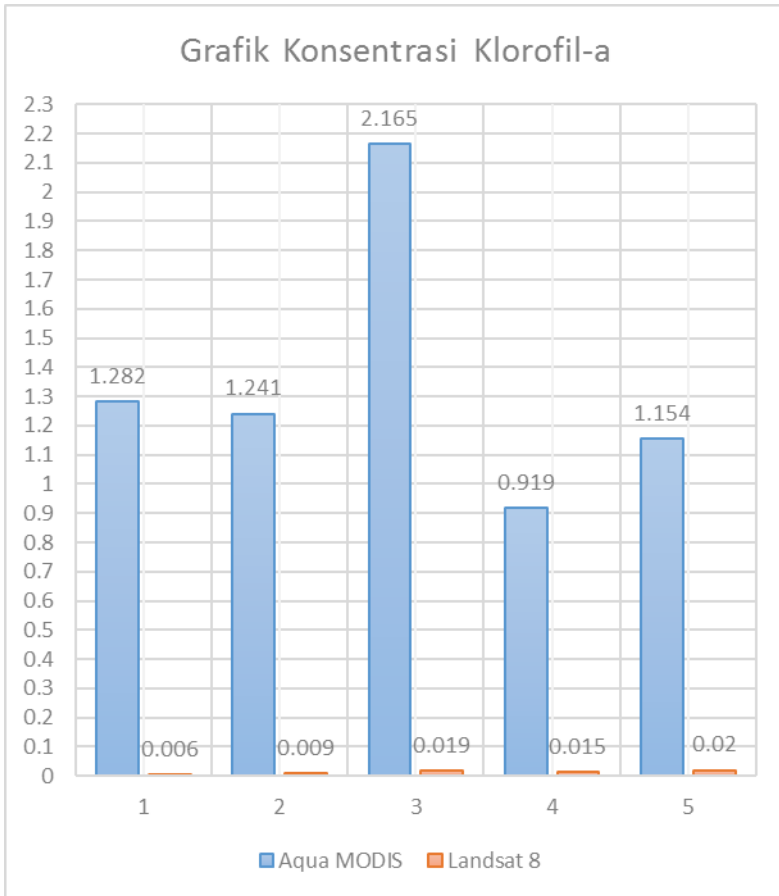
#### 4.2.3 Analisa Citra Aqua MODIS dan Landsat 8

Citra Aqua MODIS dan Landsat 8 pada dasarnya memiliki karakteristik yang berbeda baik dari segi spasial maupun temporal. Sehingga perlu dilakukan analisa terhadap kedua citra dalam mendapatkan nilai konsentrasi klorofil-a. Berikut ini perbandingan data kedua citra:

Tabel 4.12 Konsentrasi Klorofil-a Aqua MODIS dan Landsat 8

Titik	Konsentrasi Klorofil-a (mg/m <sup>3</sup> )	
	Aqua MODIS	Landsat 8
11	1,282	0,006
12	1,241	0,009
13	2,165	0,019
14	0,919	0,015
15	1,154	0,020

Data yang digunakan dalam proses analisa ini menggunakan 5 titik yang dijelaskan hasilnya pada grafik dibawah ini:



Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Konsentrasi Klorofil-a

Konsentrasi klorofil-a yang ditunjukkan grafik di atas menjelaskan bahwa antara citra Aqua MODIS dengan Landsat 8 memiliki jarak yang cukup jauh meskipun terdapat beberapa data yang hampir sama dalam pola persebaran konsentrasi klorofil-a. Hal ini diduga adanya perbedaan sensitivitas sensor dan spesifikasi yang dimiliki oleh masing-masing citra satelit.

Berdasarkan pada data di atas, hasil uji korelasi kedua citra satelit menunjukkan nilai yang rendah atau lemah berkisar 30,47%. Sehingga hubungan antara citra Aqua MODIS dan Landsat 8 dalam hal mengetahui konsentrasi klorofil-a cukup lemah.

Tabel 4.13 Uji Korelasi Citra Aqua MODIS dan Landsat 8

	<i>Column 1</i>	<i>Column 2</i>
<i>Column 1</i>	1	
<i>Column 2</i>	0,304688144	1

#### 4.2.4 Uji Regresi Linear Parameter

Jumlah konsentrasi klorofil-a di perairan sangat bergantung pada beberapa parameter. Hal ini dikarenakan konsentrasi klorofil-a dapat berubah-ubah. Selain musim dan lokasi, juga khususnya terhadap kondisi perairan. Dalam penelitian ini, konsentrasi klorofil-a mengacu pada tiga parameter yang berkaitan dengan kondisi perairan seperti pH, salinitas, dan TSS (*Total Suspended Solid*). Oleh karena itu perlu dilakukan uji regresi terhadap ketiga parameter tersebut untuk mengetahui besar atau kecilnya pengaruh parameter yang ada terhadap konsentrasi klorofil-a di lokasi penelitian.

##### 1. pH

pH sangat berpengaruh terhadap keberadaan klorofil-a di suatu perairan. Beberapa penelitian menyebutkan bahwa pH untuk Selat Madura dan sekitarnya berkisar 6-7. Apabila pH air di daerah penelitian kurang atau lebih dari nilai tersebut, maka klorofil-a akan sulit untuk bertahan hidup. Dalam penelitian ini, untuk mendapatkan seberapa besar pengaruh pH terhadap klorofil-a maka dilakukan analisa menggunakan metode uji regresi dengan mendapatkan nilai koefisien determinasi antara nilai pH dan klorofil-a yang diambil berdasarkan data *ground truth*. Sehingga dijelaskan pada tabel di bawah ini:



Tabel 4.14 Nilai Regresi pH Terhadap Klorofil-a

<b><i>Regression Statistics</i></b>	
<b><i>Multiple R</i></b>	0,093453512
<b><i>R Square</i></b>	0,008733559
<b><i>Adjusted R Square</i></b>	-0,067517706
<b><i>Standard Error</i></b>	0,222171072
<b><i>Observations</i></b>	15

Berdasarkan pada perhitungan nilai regresi antara parameter pH dan klorofil-a didapatkan nilai koefisien determinasi sebesar 0,87%. Hal ini menunjukkan bahwa pH memiliki hubungan yang lemah atau pengaruh pH kecil untuk mengidentifikasi klorofil-a. Artinya adalah tinggi rendahnya pH tidak dapat digunakan sebagai acuan dalam menentukan tinggi rendahnya klorofil-a karena klorofil-a memiliki syarat tertentu. Pada data lapangan telah menunjukkan bahwa nilai pH sesuai dengan kemampuan klorofil-a untuk bertahan hidup.

## 2. Salinitas

Salinitas berperan penting dalam mempertahankan tekanan osmosis antara tubuh organisme dan perairan. Menurut Dahuri (1996) salinitas di perairan laut Indonesia berkisar antara 32% - 34%. Adapun uji regresi yang dilakukan pada salinitas terhadap klorofil-a dijelaskan dalam tabel ini:

Tabel 4.15 Uji Regresi Salinitas Terhadap Klorofil-a

<b><i>Regression Statistics</i></b>	
<b><i>Multiple R</i></b>	0,153475542
<b><i>R Square</i></b>	0,023554742
<b><i>Adjusted R Square</i></b>	-0,051556432

<b><i>Standard Error</i></b>	4,750484086
<b><i>Observations</i></b>	15

Berdasarkan pada perhitungan nilai regresi antara parameter salinitas dan klorofil-a didapatkan nilai koefisien determinasi sebesar 2,36%. Hal ini menunjukkan bahwa salinitas juga memiliki hubungan yang lemah atau klorofil-a sedikit bergantung terhadap salinitas. Namun salinitas memiliki persamaan dengan pH bahwa tinggi rendahnya nilai salinitas tidak dapat mewakili tinggi rendahnya konsentrasi klorofil-a.

Telah dijelaskan bahwa salinitas di perairan Indonesia berkisar 32% - 34%. Sedangkan data *ground truth* menunjukkan data yang tidak mencakup nilai tersebut. Sehingga dapat mempengaruhi konsentrasi klorofil-a yang ada.

### 3. TSS (*Total Suspended Solid*)

TSS atau biasanya disebut dengan muatan padatan tersuspensi sangat berpengaruh terhadap keberadaan klorofil-a. Hal ini ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 4.16 Uji Regresi Salinitas Terhadap Klorofil-a

<b><i>Regression Statistics</i></b>	
<b><i>Multiple R</i></b>	0,980884286
<b><i>R Square</i></b>	0,962133982
<b><i>Adjusted R Square</i></b>	0,959221211
<b><i>Standard Error</i></b>	4,064536661
<b><i>Observations</i></b>	15

Berdasarkan pada tabel perhitungan nilai regresi antara parameter TSS dan klorofil-a didapatkan nilai koefisien determinasi sebesar 96,21%. Hal ini menunjukkan bahwa TSS memiliki hubungan yang kuat atau klorofil-a sangat bergantung pada TSS. Pada umumnya klorofil-a membutuhkan zat hara yang

dibawa dari daratan melalui muara sungai. Zat hara, mineral, sedimentasi, dan bahan-bahan kimia terdapat pada TSS (*Total Suspended Solid*). Sehingga TSS yang ada di suatu perairan dapat digunakan untuk menduga konsentrasi klorofil-a. Hal ini ditunjukkan juga dengan data hasil uji laboratorium sebagai berikut:

Tabel 4.17 Data TSS dan Klorofil-a Hasil Uji Laboratorium

<b>TSS (mg/mL)</b>	<b>Klorofil-a (mg/m<sup>3</sup>)</b>
24	0,532
42	0,812
74	1,094
27	0,471
16	0,421
15	0,295
14	0,368
20	0,327
9	0,236
9	0,228
10	0,262
40	0,694
56	0,874
8	0,211
4	0,105

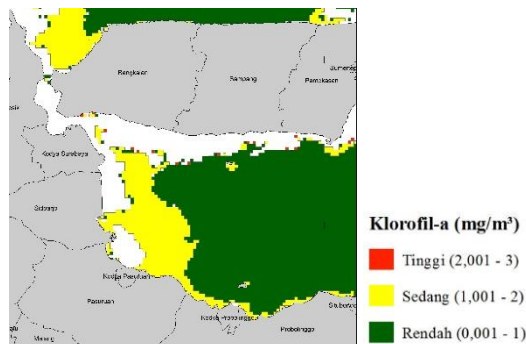
Dalam penelitian ini, pola data antara TSS dengan klorofil-a bervariasi. Terdapat beberapa data yang memiliki pola yang sama dan ada yang berbeda. Data dengan pola yang sama memungkinkan adanya unsur hara yang lebih banyak dari bahan kimia lainnya dan klorofil-a cocok atau sesuai dengan kondisi tersebut. Berdasarkan pada Tabel 4.17, mayoritas data menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai TSS, semakin tinggi pula nilai konsentrasi klorofil-a. Sebaliknya jika nilai TSS

semakin menurun, maka nilai konsentrasi klorofil-a juga menurun.

#### 4.2.5 Analisa Persebaran Klorofil-a secara Temporal

Penelitian ini dilakukan pada Bulan Maret dari tahun 2008-2014 dengan menggunakan data citra satelit Aqua MODIS, dimana bulan tersebut termasuk dalam musim peralihan I. Menurut Amri (2002), musim peralihan I merupakan musim yang hampir sama dengan musim barat yaitu terdapat banyak awan, sehingga citra yang direkam juga memiliki tutupan awan yang banyak. Konsentrasi klorofil-a juga tergolong cukup tinggi dibandingkan musim yang lain.

Perubahan konsentrasi klorofil-a yang terdapat di pantai Surabaya – Sidoarjo menjadi acuan dalam mengetahui dampak Lumpur Lapindo sejak awal pembuangan ke laut hingga saat tahun penelitian dilakukan.

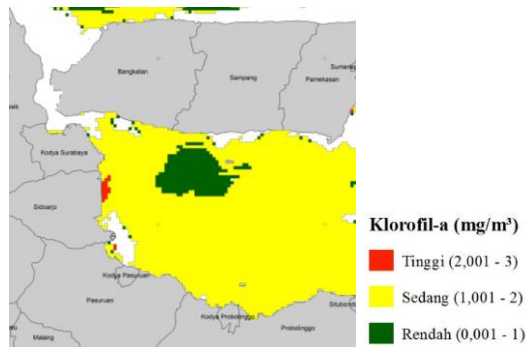


Gambar 4.8 Peta Persebaran Klorofil-a Tahun 2008

Tahun 2008 adalah tahun pertama setelah lumpur lapindo dibuang ke laut melalui muara Kali Porong. Berdasarkan pada hasil pengolahan citra memperlihatkan konsentrasi klorofil-a yang terdapat di sekitar Pantai Surabaya-Sidoarjo adalah berkisar 1,001 – 2 mg/m<sup>3</sup>. Konsentrasi klorofil-a yang mendominasi daerah sekitar pantai adalah klorofil-a dengan kategori sedang pada

perairan tersebut. Sedangkan zona atau daerah lainnya yang semakin menjauhi pantai menjadi semakin rendah yaitu berkisar  $0,001 - 1 \text{ mg/m}^3$  yang ditandai dengan warna hijau pada klas klorofil-a Gambar 4.8.

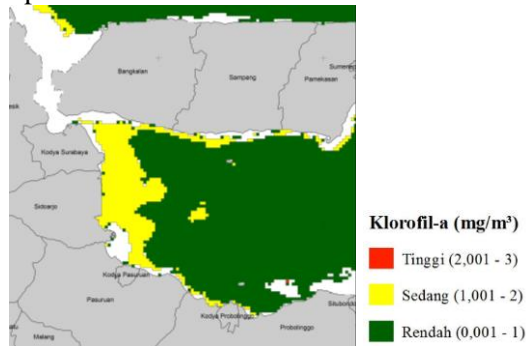
Pada daerah penelitian diketahui bahwa terdapat beberapa lokasi atau titik yang menunjukkan nilai konsentrasi klorofil-a tinggi dan rendah dengan jumlah yang tidak banyak dan tidak merata. Namun pada perairan yang terletak dekat dengan muara Kali Porong memiliki konsentrasi klorofil-a yang rendah hingga sedang. Hal ini memungkinkan adanya pengaruh dari pembuangan lumpur lapindo yang dilakukan setelah tercetusnya keputusan para ahli pada tanggal 27 September 2007 mengenai pembuangan lumpur yang volumenya semakin bertambah ke laut melalui Kali Porong yang terdapat di sebelah selatan lokasi semburan lumpur.



Gambar 4.9 Peta Persebaran Klorofil-a Tahun 2009

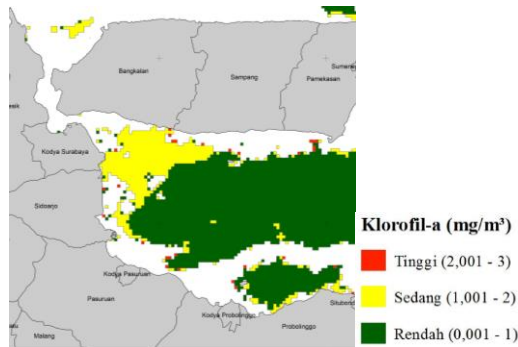
Pada tahun 2009, berdasarkan hasil pengolahan citra memperlihatkan konsentrasi klorofil-a yang terdapat di sekitar Pantai Surabaya-Sidoarjo berada dalam kategori sedang hingga tinggi. Daerah yang memiliki konsentrasi klorofil-a tinggi terdapat pada perairan di Pantai Sidoarjo berkisar  $2,001 - 3 \text{ mg/m}^3$ . Namun luas daerah ini cukup kecil yang diduga terletak di

kawasan tambak warga. Sedangkan daerah yang mendominasi lokasi studi penelitian adalah daerah berkonsentrasi sedang.



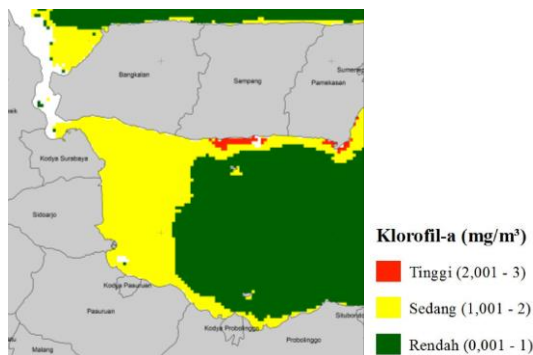
Gambar 4.10 Peta Persebaran Klorofil-a Tahun 2010

Pada tahun 2010, berdasarkan hasil pengolahan citra memperlihatkan konsentrasi klorofil-a yang terdapat di sekitar Pantai Surabaya-Sidoarjo berkisar 1,001 – 2 mg/m<sup>3</sup> yang merupakan dalam kategori konsentrasi klorofil-a sedang. Hal yang sama terjadi juga di sekitar muara Kali Porong. Sekitar pantai masih terdapat beberapa lokasi atau titik yang memiliki konsentrasi klorofil-a yang rendah, namun hanya sebagian atau tidak merata pada lokasi tertentu. Hal ini menunjukkan terjadinya penurunan konsentrasi klorofil-a pada daerah tersebut. Selain itu daerah Pantai Surabaya (sekitar Selat Madura) juga mengalami hal yang sama. Daerah yang memiliki konsentrasi klorofil-a rendah cenderung berada pada lepas pantai atau menjauh dari daratan yang hampir mendominasi perairan sekitar Jawa Timur dan Madura.



Gambar 4.11 Peta Persebaran Klorofil-a Tahun 2011

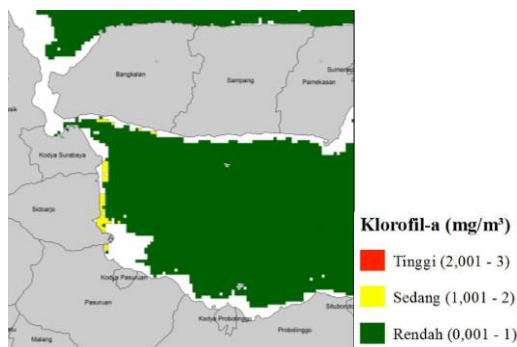
Pada tahun 2011, berdasarkan hasil pengolahan citra memperlihatkan konsentrasi klorofil-a yang terdapat di sekitar Pantai Surabaya-Sidoarjo berada dalam kategori yang sedang berkisar 1,001 – 2 mg/m<sup>3</sup>. Zona persebaran klorofil-a cenderung merata meskipun ada beberapa lokasi atau titik yang berkonsentrasi rendah dan tinggi. Pengidentifikasian nilai pada tahun ini tidak sepenuhnya dapat dilakukan karena terdapat sejumlah area penelitian yang tertutup awan.



Gambar 4.12 Peta Persebaran Klorofil-a Tahun 2012

Pada tahun 2012, berdasarkan hasil pengolahan citra memperlihatkan konsentrasi klorofil-a yang terdapat di sekitar

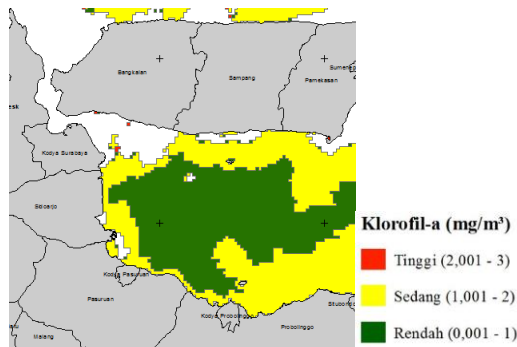
Pantai Surabaya-Sidoarjo adalah berkisar  $1,001 - 2 \text{ mg/m}^3$  yang menunjukkan perairan dalam kategori sedang. Zona ini sangat mendominasi lokasi penelitian. Dimana berdasarkan data, konsentrasi klorofil-a mencapai  $1,5 - 1,7 \text{ mg/m}^3$  di sekitar Pantai Surabaya – Sidoarjo. Sedangkan di dekat Kali Porong nilainya berkisar  $1,3 - 1,5 \text{ mg/m}^3$ . Citra yang digunakan cukup baik karena jumlah awan sedikit sehingga tidak menutupi lokasi penelitian. Pada gambar tersebut terlihat jelas perbedaan warna, yang artinya terjadi perubahan konsentrasi terhadap klorofil-a.



Gambar 4.13 Peta Persebaran Klorofil-a Tahun 2013

Pada tahun 2013, berdasarkan hasil pengolahan citra memperlihatkan konsentrasi klorofil-a yang terdapat di sekitar Pantai Surabaya-Sidoarjo memiliki kategori rendah hingga sedang. Dimana konsentrasi sedang terdapat pada daerah pantai yang berjarak sangat dekat dengan pantai. Zona yang mendominasi dan cukup luas adalah zona dengan konsentrasi klorofil-a berkategori rendah yaitu  $0,001 - 1 \text{ mg/m}^3$ . Namun dapat dikatakan bahwa pada tahun ini konsentrasi klorofil-a menurun dari tahun sebelumnya.





Gambar 4.14 Peta Persebaran Klorofil-a Tahun 2014

Pada tahun 2014, berdasarkan hasil pengolahan citra memperlihatkan konsentrasi klorofil-a yang terdapat di sekitar Pantai Surabaya-Sidoarjo masuk dalam kategori sedang yaitu berkisar  $1,001 - 2 \text{ mg}/\text{m}^3$ . Persebaran klorofil-a di zona ini merata dan konsentrasi ini terletak di dekat.

Berdasarkan pada persebaran konsentrasi klorofil-a di Pantai Surabaya – Sidoarjo secara temporal yang telah dijelaskan pada zona persebaran di atas, konsentrasi klorofil-a tiap tahunnya tidak jauh berbeda yaitu masih dalam kategori yang sama yaitu sedang dengan kisaran nilai klorofil-a  $1,001 - 2 \text{ mg}/\text{m}^3$  dan hanya terdapat beberapa tahun yang mengalami penurunan konsentrasi. Perbedaan konsentrasi dapat disebabkan karena adanya pengaruh unsur hara atau kandungan zat lain yang dibawa oleh sungai-sungai di sekitarnya.

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan pada penelitian studi persebaran klorofil-a menggunakan citra Aqua MODIS dan Landsat 8, dapat disimpulkan bahwa:

1. Citra Aqua MODIS dan Landsat 8 dapat digunakan untuk mengetahui persebaran klorofil-a dengan menggunakan masing-masing algoritma. Hal ini dapat dibuktikan dengan hasil pengolahan kedua citra satelit.
2. Hasil analisa terhadap pengolahan Aqua MODIS dan Landsat 8 menyatakan hubungan kedua citra satelit adalah 30,47%, dimana hubungan ini dikatakan lemah. Berdasarkan pada konsentrasi yang didapatkan dari hasil pengolahan, kedua citra memiliki selisih yang cukup besar.
3. Dalam mendapatkan hubungan antara data *ground truth* dan pengolahan citra, penelitian ini menggunakan metode korelasi linear. Korelasi linear nilai klorofil-a antara citra Aqua MODIS dan data *ground truth* adalah sebesar 78,88%. Artinya kedua data tersebut memiliki hubungan yang kuat. Sedangkan pada hasil klorofil-a dari pengolahan Landsat 8 memiliki korelasi yang lemah yakni sebesar 16,24%.
4. Klorofil-a menyebar di sepanjang Pantai Surabaya – Sidoarjo. Persebaran klorofil-a secara temporal dari tahun 2008-2014 berada pada zona yang memiliki konsentrasi sedang. Sedangkan pada daerah yang menjauh dari daratan atau lepas pantai konsentrasi klorofil-a cenderung menurun yang ditunjukkan zona rendah pada hasil persebaran klorofil-a.

## 5.2 Saran

1. Untuk penelitian mendatang yang mengangkat tema tentang klorofil-a, sebaiknya menggunakan parameter lain agar klorofil-a dapat diketahui lebih spesifik lagi.
2. Pengambilan data lapangan (*ground truth*) sebaiknya mengetahui kondisi citra yang akan digunakan terlebih dahulu terutama jika penelitian bersifat temporal.
3. Perencanaan penelitian dipersiapkan dengan melihat dari berbagai aspek, diantaranya yaitu kondisi citra, cuaca, hingga peralatan yang dibutuhkan.
4. Untuk mendapatkan nilai klorofil-a pada citra Landsat 8, perlu dilakukan percobaan terhadap algoritma yang lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2011. Aqua Project Science. [http://aqua.nasa.gov/about/instrument\\_modis.php](http://aqua.nasa.gov/about/instrument_modis.php) Dikunjungi pada tanggal 16 Februari 2014, pukul 14.24 BBWI
- Basmi, J. 1995. "Planktonologi (Produksi Primer)". Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB. Bogor
- Dahuri, R.,J. Rais, S.P. Ginting dan M.J., Sitepu. 1996. Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan secara Terpadu. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Danoedoro, Projo. 1996. Pengolahan Citra Digital Teori dan Aplikasinya dalam Bidang Penginderaan Jauh.. Yogyakarta: Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada
- Danoedoro, Projo. 2012. Pengantar Penginderaan Jauh Digital. Yogyakarta: Andi
- Draper, Norman dan Smith, Harry. 1992. Analisis Regresi Terapan. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama
- Effendi, H. 2003. Keanekaragaman Hayati Laut, Aset Pembangunan Berkelanjutan Indonesia. Jakarta: PT Gramedia
- Farita, Y. 2006. "Variabilitas Suhu Di Perairan Selatan Jawa Barat dan Hubungannya Dengan Angin Muson, Indian Ocean Dipole Mode Dan El Nino Southern Oscillation". Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB. Bogor
- Hutabarat, S dan S. M. Evans. 1985. Pengantar Oseanografi. Jakarta: UI Press
- Insanu, Radik K. 2012. "Analisa Pemetaan Zona Penangkapan Ikan (*Fishing Ground*) dengan Menggunakan Satelit

MODIS di Perairan Utara Jawa”. Teknik Geomatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Lillesand, T. M. and R.W. Kiefer. 1990. Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra Digital. Diterjemahkan Oleh Dulbahri, P. Suharsono, Hartono dan Suharyadi. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press

Lillesand T. M. & Kiefer R. W., 2000. Remote Sensing and Image Interpretation, 4th ed. New York: Wiley & Sons.

Maccherone, B. 2005. About MODIS. <http://modis.gsfc.nasa.gov>.  
Dikunjungi tanggal 24 Januari 2014, pukul 14.01 BBWI

Mayasari, Ratna. 2010. “Analisis Sedimentasi Pantai Surabaya-Sidoarjo Pasca Pembangunan Jembatan Suramadu dan Peristiwa Lapindo Menggunakan Citra Satelit SPOT-4. Surabaya”. Teknik Geomatika ITS

Nontji, A. 2002. Laut Nusantara. Jakarta: Djambatan

Nontji, A. 2006. “Tiada Kehidupan Di Bumi Tanpa Keberadaan Plankton”. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (Pusat Penelitian Oseanografi). Jakarta

Nybakken, J. W. 1992. Biologi Laut: Suatu Pendekatan Ekologis. Diterjemahkan oleh H. M. Eidman, Koesoebiono, D. G. Bengen, M. Hutomo, dan S. Sukardjo. Jakarta: Gramedia

Nuriya, Halida dkk. 2010. “Pengukuran Konsentrasi Klorofil-a Dengan Pengolahan Citra Landsat ETM-7 dan Uji Laboratorium Di Perairan Selat Madura Bagian Barat”. Jurnal Kelautan *Volume 3, No.1*. Universitas Trunojoyo

Panjaitan, Risna J. A. 2009. “Variabilitas Konsentrasi Klorofil-a dan Suhu Permukaan Laut dari Citra Satelit Aqua MODIS serta Hubungannya dengan Hasil Tangkapan Ikan Lemuru di Perairan Selat Bali”. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor

- Prihartato, P. K. 2009. “Studi Variabilitas Konsentrasi Klorofil-a Dengan Menggunakan Data Satelit Aqua MODIS dan SeaWiFS serta Data Insitu Di Teluk Jakarta”. Program Studi Ilmu dan Teknologi Kelautan, Institut Pertanian Bogor
- Purwadhi, S.H. 2001. Interpretasi Citra Digital. Jakarta: Grasindo
- Ramansyah, Firman. 2009. “Penentuan Pola Sebaran Konsentrasi Klorofil-a di Selat Sunda dan Perairan Sekitarnya Dengan Menggunakan Data Inderaan Aqua MODIS”. Program Studi Ilmu dan Teknologi Kelautan, Institut Pertanian Bogor
- Romimohtarto, K dan S. Juana. 2001. Biologi Laut (Ilmu Pengetahuan Tentang Biota Laut). Jakarta: Djambatan
- Sitanggang, Gokmaria. 2010. “Kajian Pemanfaatan Satelit Masa Depan: Sistem Penginderaan Jauh Satelit LDCM (Landsat-8)”. Berita Dirgantara Vol. 11 No.2. LAPAN: Peneliti Bidang Bangfatja
- Susanto, Dwi Andi. 2013. Lumpur Sidoarjo Diperkirakan Segera Berhenti. [www.merdeka.com/teknologi/lumpur-sidoarjo-diperkirakan-segera-berhenti.html](http://www.merdeka.com/teknologi/lumpur-sidoarjo-diperkirakan-segera-berhenti.html). Dikunjungi pada tanggal 24 Januari 2014, pukul 16.01 BBWI
- Wardani, R. T. 2012. “Analisa Perbandingan Konsentrasi Klorofil Antara Citra Satelit Terra dan Aqua MODIS Ditinjau Dari Suhu Permukaan Laut dan Muatan Padatan Tersuspensi (Studi Kasus : Perairan Selat Madura dan Sekitarnya)” Teknik Geomatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Ya’kub, Edy M.. 2013. Rekomendasi yang “tenggelam” dalam Lumpur Lapindo. <http://www.antaratv.com/berita/377030/rekomendasi-yang-tenggelam-dalam-lumpur-lapindo>. Dikunjungi pada tanggal 16 Februari 2014, pukul 13.47 BBWI

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



## BIODATA PENULIS



**Debbie Marzella Budiyo.** Penulis dilahirkan di Sidoarjo, 20 Agustus 1992, merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Dharma Wanita Kalimati, SDN Kalimati 01, SMPN 1 Krian, kemudian di SMAN 1 Krian dan lulus pada tahun 2010. Setelah lulus dari SMA, penulis melanjutkan pendidikan perguruan tinggi di Institut Teknologi

Sepuluh Nopember melalui jalur SNMPTN dan mengambil Strata 1 di Jurusan Teknik Geomatika. Selama menjadi mahasiswa S1, penulis aktif di organisasi intra kampus yaitu Himpunan Mahasiswa Teknik Geomatika (HIMAGE ITS) dan aktif dalam kegiatan Seminar atau Forum Komunikasi Ilmiah yang diselenggarakan oleh Jurusan Teknik Geomatika. Selain itu penulis juga aktif mengikuti pelatihan keterampilan manajemen mahasiswa seperti LKMM PRA-TD, LKMM TD dan aktif dalam kepanitiaan di tingkat jurusan dan institut. Dalam menyelesaikan Tugas Akhir, penulis memilih bidang keahlian Geospasial, dengan judul Studi Persebaran Klorofil-a Menggunakan Citra Aqua MODIS dan Landsat 8 di Pantai Surabaya – Sidoarjo Dampak Lumpur Lapindo.